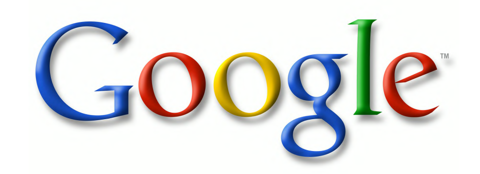
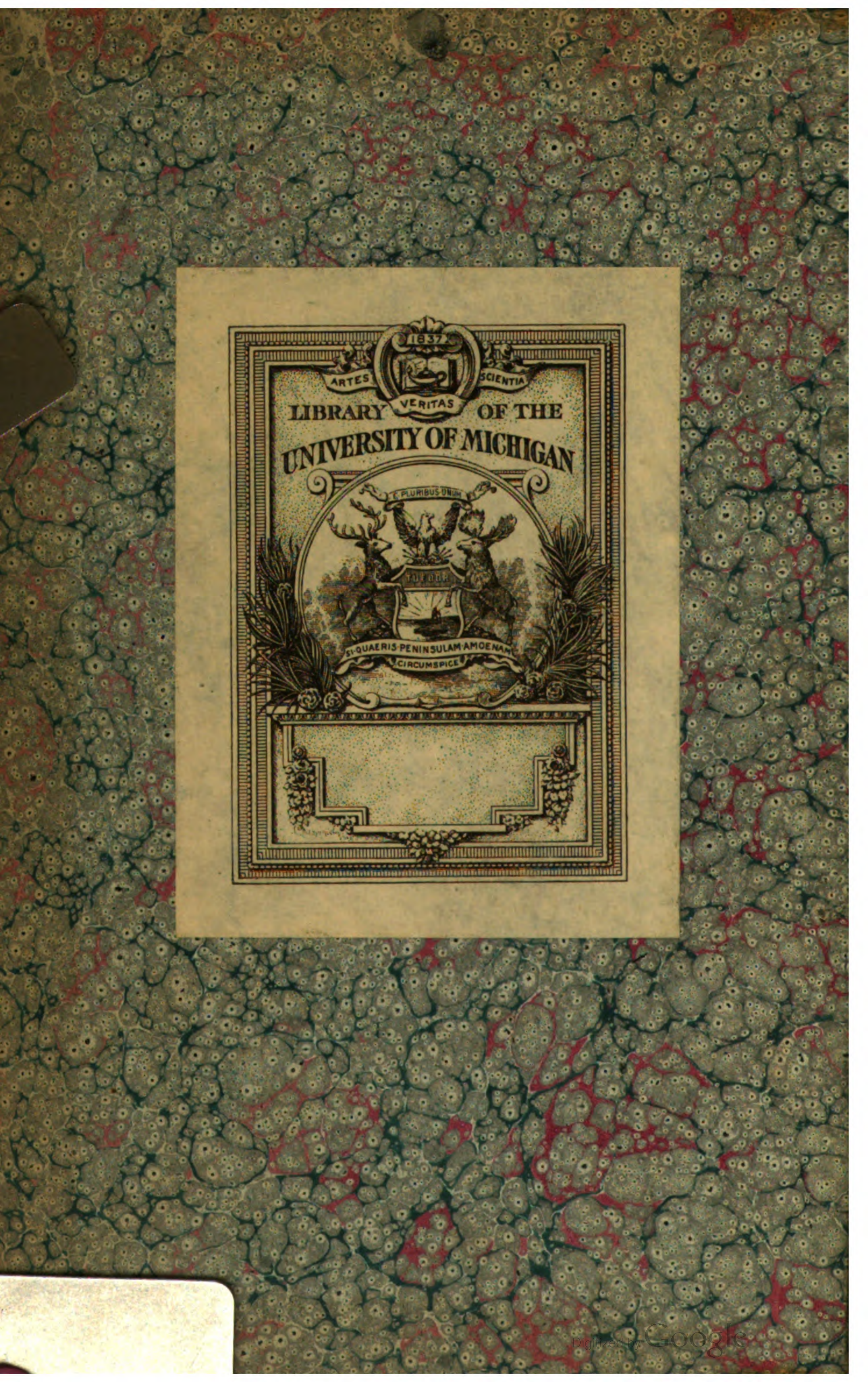
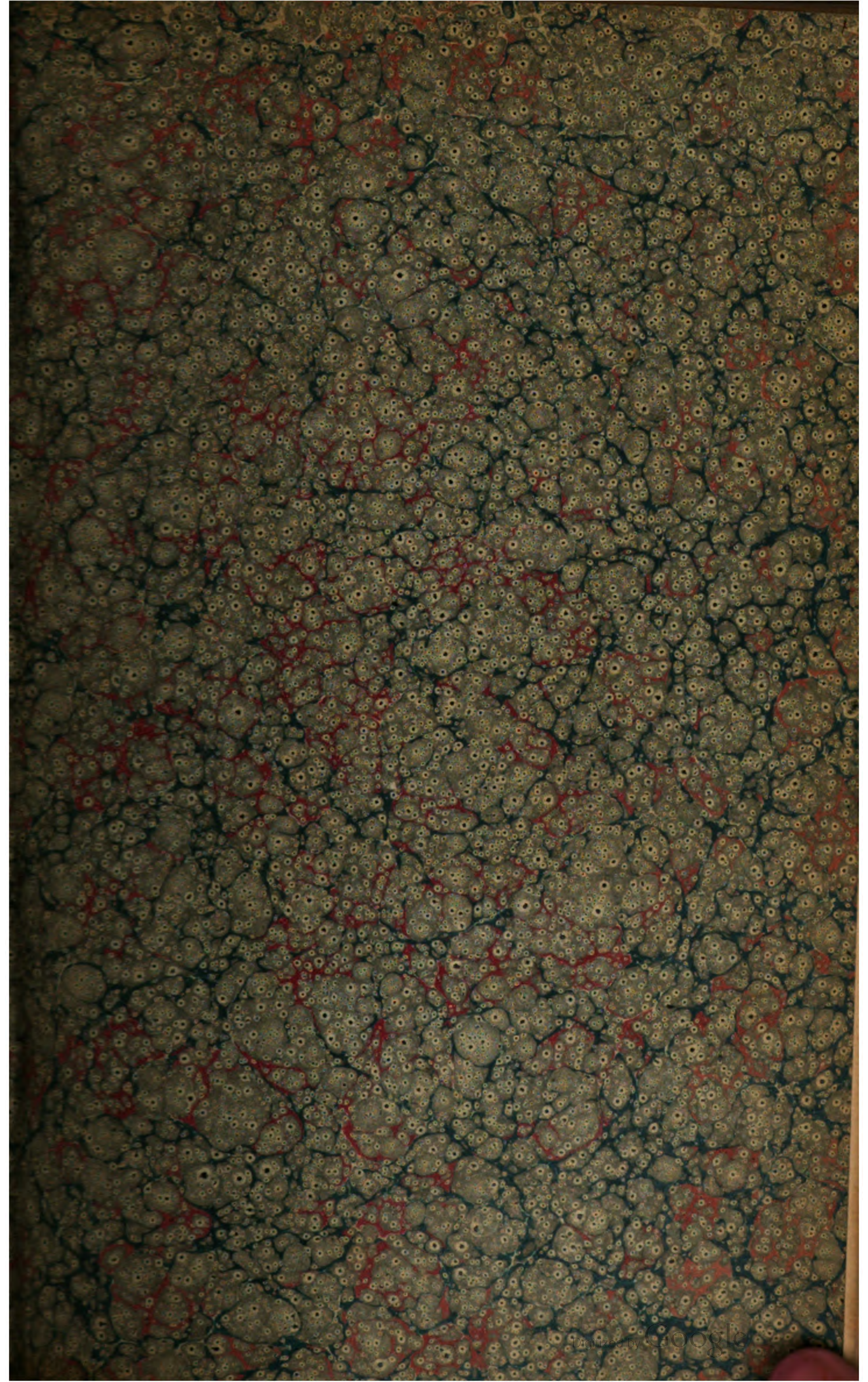




1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



ŒUVRES COMPLÈTES

DE

FRANÇOIS ARAGO

TOME QUATRIÈME

La propriété littéraire des divers ouvrages de François Arago, étant soumise à des délais légaux différents, selon qu'ils sont ou non des œuvres posthumes, les éditeurs ont publié chaque ouvrage séparément. Ce titre collectif n'est donné ici que pour indiquer au relieur le meilleur classement à adopter.

Par la même raison, la réserve du droit de traduction n'est pas mentionnée ici, mais elle est faite au titre et au verso du faux-titre de chaque ouvrage séparé.

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOÎT, 7.

ŒUVRES COMPLÈTES

DE

FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

Ancien Élève de l'École Polytechnique, ancien Répétiteur
dans cet Établissement.

TOME QUATRIÈME

PARIS
GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS
5 Rue Bonaparte

LEIPZIG
T. O. WEIGEL, ÉDITEUR
Königs-Strasse

1854

NOTICES SCIENTIFIQUES

TOME PREMIER

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOÎT, 7

ŒUVRES

DE

FRANÇOIS ARAGO

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PUBLIÉES

D'APRÈS SON ORDRE SOUS LA DIRECTION

DE

M. J.-A. BARRAL

NOTICES SCIENTIFIQUES

TOME PREMIER

PARIS

GIDE ET J. BAUDRY, ÉDITEURS

5 Rue Bonaparte

LEIPZIG

T. O. WEIGEL, ÉDITEUR

Königs-Strasse

1854

AVERTISSEMENT

DES ÉDITEURS

Une réclamation portée devant l'Académie des Sciences à propos d'une mention faite sur le titre des OEuvres d'Arago, la publicité que cette réclamation a acquise par son insertion dans les Comptes-rendus, nous imposent le devoir d'expliquer pourquoi nous avons ainsi rédigé ce titre, et pourquoi nous le maintenons.

Dans les dernières années de sa vie, Arago consacrait tout son temps à préparer la publication de ses OEuvres. Lorsqu'il sentit ses forces affaiblies par les progrès de la cruelle maladie à laquelle il a succombé, il se vit contraint de s'adjoindre un collaborateur. Il lui fallait un savant qui, par ses connaissances générales en mathématiques, en météorologie, en optique et en physique terrestre, fût capable de

l'aider dans ce travail difficile. Il fit choix de M. Barral, son élève et son ami.

Dans de nombreuses et longues conférences, tant à l'Observatoire que chez lui, M. Barral reçut de M. Arago toutes les instructions nécessaires pour la coordination des innombrables matériaux, soit manuscrits, soit imprimés et disséminés dans différents recueils scientifiques, qui devaient composer les OEuvres complètes.

Ces faits, connus d'un grand nombre de personnes, sont attestés par M. Alfred Arago, fils de l'illustre savant.

A la mort d'Arago, M. Barral restait donc le seul dépositaire de ses instructions complètes; aussi est-ce à lui que MM. Emmanuel et Alfred Arago confièrent le soin de publier les OEuvres de leur père, accomplissant ainsi religieusement ce qu'ils savaient être ses intentions.

Nous qui avons pu apprécier le zèle pieux avec lequel M. Barral remplit son honorable mission, et combien il est digne de la confiance que M. Arago avait eue en lui, nous ne pouvions laisser ignorer au public le nom de celui qui, par son dévouement éclairé, par ses connaissances étendues, nous permettait de transmettre à la postérité, avec tout leur éclat, les OEuvres d'un savant illustre, une des gloires de la France. En rédigeant le titre comme nous l'avons fait, nous avons accompli un devoir envers le public et envers M. Barral lui-même.

M. Barral est resté totalement étranger à la rédaction de ce titre. Aussi, lorsque l'Académie a été entretenue de cette injuste réclamation, un scrupule, que tout le monde appré-

ciera, avait-il déterminé M. Barral à renoncer à la mission qu'il avait acceptée avec tant de désintéressement ; mais il a dû céder devant la lettre suivante, écrite par ceux qui seuls avaient des droits au noble héritage de François Arago.

A MONSIEUR BARRAL

Paris, le 30 mars 1854.

« Cher ami,

« Nous venons vous prier de reprendre et de continuer la publication des Œuvres complètes de notre père. Certains que nous sommes de la piété et du dévouement que vous avez pour sa mémoire, nous avons en vous toute confiance, et nous vous donnons tout pouvoir.

« Vos amis dévoués,

« EMMANUEL ARAGO. — ALFRED ARAGO. »

Ces débats, et aussi les difficultés que nous avons eu à surmonter pour entrer en possession des nombreux registres d'observation qui sont les éléments des Notices sur le magnétisme terrestre et les aurores boréales, le temps exigé par les calculs pour la détermination des moyennes, sont la cause du retard qu'a éprouvé la mise en vente de ce volume. Ces registres, conservés si longtemps par des personnes qui, ne connaissant pas les intentions d'Arago, les croyaient inutiles à la publication, sont aujourd'hui déposés à la Bibliothèque de l'Institut avec les calculs de M. Thoman, chargé par M. Barral de la réduction des observations. Chacun pourra les examiner et en reconnaître toute la valeur scientifique. L'insistance que nous avons mise à les obtenir

démontre que nous n'avons voulu rien omettre dans les *Œuvres complètes* d'Arago ; elle aura prouvé, nous osons l'espérer, que les mains dans lesquelles les fils d'Arago ont cru devoir déposer les œuvres de leur père étaient dignes de cette marque honorable de confiance.

Le volume que nous publions aujourd'hui renferme, outre l'admirable Notice sur le tonnerre, dernière œuvre retouchée par Arago, les Notices qui contiennent la démonstration de plusieurs des découvertes qui rendent son nom immortel : l'action exercée par le courant électrique sur la limaille de fer, le magnétisme de tous les corps, les variations diurnes de l'inclinaison et de l'intensité du magnétisme terrestre, l'influence des aurores boréales sur l'aiguille aimantée.

NOTICES SCIENTIFIQUES

LE TONNERRE.[1]

J'ai été souvent consulté, au sujet des paratonnerres, par des architectes chargés de la conservation des monuments publics ; par des officiers du corps auquel revient, de droit, la construction des magasins à poudre ; par des commandants des navires de l'État et du commerce ; par un grand nombre de citoyens de toutes les classes de la société. Il me sera donc permis d'affirmer qu'en général les physiciens de profession ont seuls une idée exacte des propriétés préservatrices de ces appareils. Si l'on demande, si l'on établit des paratonnerres, c'est par une pure déférence pour les décisions des Académies. Chacun veut mettre ainsi sa responsabilité à couvert sous l'égide de la science ; mais une conviction entière de l'efficacité de la méthode, vous ne la trouverez nulle part. Les uns ne vont pas au delà du doute : ils attendent, pour se prononcer, qu'au lieu de simples analogies on leur présente de véritables démonstrations. D'autres, comparant l'im-

1. Œuvre posthume.

mensité du dommage possible à l'exiguïté du préservatif, déclarent qu'il répugne à leur raison d'accorder qu'une mesquine tige métallique puisse mettre un grand édifice, un grand navire, à l'abri des atteintes du plus imposant des météores. Suivant eux, ces tiges élevées dans les airs et qualifiées d'une manière si ambitieuse, sont absolument sans effet; elles ne font ni bien ni mal. Il en est qui, s'abandonnant à un ordre d'idées tout opposé, attribuent aux barres métalliques une forte action; mais ils croient cette action nuisible. Armer le faîte d'un édifice de tiges de métal élevées, c'est, disent-ils, y appeler la foudre de propos délibéré; c'est créer un danger qui sans cela n'eût pas existé; c'est faire descendre sur soi des feux dont les nuées orageuses fussent allées se décharger au loin; c'est accroître considérablement les risques courus par les habitations voisines. Le grand Frédéric prenait rang lui-même parmi les adversaires de l'invention de Franklin, le jour où, cédant à l'opinion publique et à celle de l'Académie de Berlin, il permettait de placer des paratonnerres sur ses casernes, sur ses arsenaux, sur ses magasins à poudre, et défendait en même temps, dans les termes les plus formels, d'en ériger au château de Sans-Souci.

Les doutes, les difficultés que je viens d'indiquer, ont poussé dans les esprits de profondes racines. En réfléchissant au moyen de les extirper et d'augmenter le nombre des partisans éclairés des paratonnerres, il me parut, tout d'abord, qu'il conviendrait de séparer totalement l'observation de la théorie; que la marche la plus sûre, la plus rationnelle, serait d'analyser les effets bien constatés de la foudre; d'essayer d'en déduire des conséquences géné-

rales, sans rien emprunter, par voie d'analogie, aux expériences électriques des physiciens. Je crus, en un mot, qu'il faudrait se faire l'historien exact, minutieux du météore, sauf à chercher ensuite au milieu des petits phénomènes qui nous environnent ou que nous avons su faire naître dans nos cabinets, dans nos laboratoires, des points de contact et des rapprochements plus ou moins féconds. Tel était le plan que je me traçais lorsque j'annonçais la publication d'une Notice sur le tonnerre. J'imaginais, alors, en trouver tous les éléments dans les traités de physique modernes; ne m'engager qu'à un travail de peu d'étendue, ne m'imposer que l'obligation de réunir des faits constants, bien circonscrits, bien caractérisés, et de les coordonner suivant l'ordre méthodique et particulier commandé par le but de cette Notice. Loin de là, j'ai été obligé de recourir aux sources originales; de parcourir plusieurs centaines de volumes du Recueil de l'Académie des Sciences, des Transactions philosophiques de Londres, de la Collection de Berlin, du Journal de Physique, etc., etc.; de faire le dépouillement d'une multitude d'ouvrages, de relations de voyages anciens et modernes, de Mémoires écrits, la plupart sans méthode, sans netteté, sans but; de lire, enfin, tout ce qui s'offrait à moi, avec l'espoir, souvent déçu, de découvrir au milieu de mille détails oiseux, un fait, une remarque, un simple chiffre, utiles à la science.

Quelques personnes, je le sais, ont vu une énormité dans la seule pensée que j'avais eue de prendre la foudre pour sujet d'une de ces notices. Suivant elles, la matière avait été totalement épuisée par Franklin, par un grand

nombre de physiciens ses successeurs et ses émules, et, surtout, par les commissions académiques, justement célèbres, qui à diverses époques, à Londres comme à Paris, furent officiellement appelées à éclairer l'autorité sur le placement des paratonnerres. Bien loin de me rallier à cette opinion, les laborieuses recherches auxquelles je me suis livré m'en ont éloigné chaque jour davantage. La question était si peu épuisée, qu'après tant de soins, la seule prétention qui me soit permise, c'est d'avoir esquissé une sorte de canevas de l'histoire de la foudre, où viendront successivement se ranger, à leurs places naturelles, les faits dont la météorologie s'enrichira encore. Malgré tant d'observations oubliées ou inaperçues qu'il m'a été donné de remettre en lumière et de grouper dans un ordre systématique, c'est surtout par les lacunes qui se sont offertes à moi, et dont je n'ai pas cru devoir faire mystère, que cette Notice pourra être utile. Puisse-t-elle engager les voyageurs, les météorologistes, à considérer encore le redoutable météore de la foudre comme un riche sujet d'études! Si ce vœu était entendu, je serais amplement dédommagé de la peine que je me suis donnée.

CHAPITRE PREMIER.

DÉFINITIONS.

Pour me conformer à l'usage, je commencerai cette Notice en disant ce que signifient les mots *foudre* et *tonnerre*. Mais ne fait pas qui veut de bonnes définitions. Je m'empare donc des définitions légales, de celles que

l'Académie française a consignées dans son nouveau Dictionnaire.

« **Foudre.** Le feu du ciel, la matière électrique lors-« qu'elle s'échappe de la nue en produisant une vive « lumière et une violente détonation. »

« **Tonnerre.** Bruit éclatant causé par l'explosion des « nuées électriques. »

Ce n'est pas qu'en y regardant de très-près, des esprits difficiles ne pussent trouver quelque chose à reprendre dans ce peu de lignes. En poussant les scrupules à l'extrême, ils auraient le droit de se demander si le mot savant, si le mot technique, si le mot moderne d'*électricité* est bien placé dans la définition d'un phénomène aussi ancien que le monde, et qui avait donné lieu à tant d'événements funestes, avant que la physique fût saisie des premiers linéaments de la science *électrique*. Ce n'est pas qu'on ne pût aussi critiquer ce qu'il y a de problématique, de théorique dans les deux définitions; par exemple, les mots : *explosion des nuées*, car ils ne se rattachent, en aucune manière, aux huit ou dix hypothèses à l'aide desquelles on a tenté d'expliquer le roulement du tonnerre; mais que résulterait-il de ces réflexions? la conséquence, peut-être, que dans le cas actuel les honorables auteurs du Dictionnaire ont été moins heureux, moins bien inspirés que d'habitude? Eh bien, il resterait à prouver qu'on pouvait faire mieux. Disons, si l'on veut : la foudre est un phénomène ou un météore qui se manifeste, quand le ciel est couvert de certains nuages, d'abord *par un jet subit de lumière* et, quelque temps après, *par un bruit plus ou moins prolongé.* Cette définition échapperait à la plupart

des critiques précédentes, puisqu'elle ne renferme rien d'hypothétique, rien d'emprunté aux expériences modernes des physiciens, rien qui ne soit le résultat d'une observation immédiate; en y songeant bien, on trouverait peut-être d'autres difficultés. Au surplus, ce qui nous importe particulièrement ici, c'est de remarquer que *tonnerre*, dont la signification directe est *bruit*, *éclat*, *roulement*, se prend si souvent pour *foudre*, comme dans les locutions : *le tonnerre est tombé*, *frappé du tonnerre*, *feu du tonnerre*, etc., qu'on est arrivé à employer les deux expressions indistinctement, même dans des cas où il peut en résulter des méprises, ou du moins un manque de netteté. Les bons écrivains ne font pas cette faute, témoin la phrase, si souvent citée, d'un de nos plus grands prosateurs : « Le ciel a plus de tonnerres pour épouvanter qu'il n'a de foudres pour punir. »

CHAPITRE II.

CARACTÈRES EXTÉRIEURS DES NUAGES ORAGEUX.

Dans le langage vulgaire, les nuages sont une sorte de symbole de la mobilité et du vague dans les formes. *Changeant comme les nuages* est une expression proverbiale. Cependant nous allons rechercher, avec les météorologistes, si les nuages au sein desquels la foudre naît et s'élabore, où elle se manifeste par d'éblouissants jets de lumière et des détonations plus fortes que celles de l'artillerie, ne se distingueraient pas des nuages ordinaires, par quelques traits particuliers, constants et faciles à saisir.

Au nombre de ces traits distinctifs, je citerai, en première ligne, une sorte de fermentation à laquelle les nuages orageux paraissent seuls sujets. Un physicien anglais, M. Forster, compare cette fermentation au mouvement qu'on remarque à la surface d'un fromage rempli de vers!

Lorsque, par un temps calme, on voit s'élever assez rapidement de quelque point de l'horizon des nuages très-denses, semblables à des masses de coton amoncelées, c'est-à-dire terminés par un grand nombre de contours curvilignes brusquement et nettement arrêtés comme le sont les sommités des montagnes domiques couvertes de neige; lorsque ces nuages se gonflent, en quelque sorte; lorsqu'ils diminuent de nombre et augmentent de grandeur; lorsque, malgré tous ces changements de forme, ils restent invariablement attachés à leur première base; lorsque ces contours, d'abord si nombreux et si distincts, se fondent peu à peu les uns dans les autres, de manière à ne plus laisser bientôt à l'ensemble que l'aspect d'un nuage unique, on peut, suivant Beccaria, annoncer avec certitude qu'un orage s'approche.

A ces premiers phénomènes succède, toujours à l'horizon, l'apparition d'un gros nuage très-sombre par l'intermédiaire duquel les premiers paraissent toucher à la terre. Sa teinte obscure se communique, de proche en proche, aux nuages élevés, et il est digne de remarque que ce soit alors leur surface générale, celle du moins qu'on aperçoit de la plaine, qui devienne de plus en plus unie. Des parties les plus hautes de cette masse unique et compacte partent, sous la forme de longs rameaux, les

nuages qui, sans s'en détacher, vont graduellement couvrir tout le ciel.

Au moment où les rameaux commencent à se former, l'atmosphère est ordinairement parsemée de petits nuages blancs bien distincts, bien circonscrits, que le célèbre physicien de Turin appelle *ascitizi*, c'est-à-dire nuages additionnels ou subordonnés. Les mouvements des ascitizi sont brusques, incertains, irréguliers. Ces nuages paraissent être sous l'influence attractive de la grande masse. Aussi vont-ils, l'un après l'autre, se réunir à elle. Les ascitizi avaient déjà été remarqués par Virgile, qui les comparait à des flocons de laine. Les taches blanches qui, çà et là, interrompent la teinte uniformément obscure d'un gros nuage orageux étaient originairement des ascitizi.

Après que, en s'étendant, le grand nuage obscur et orageux a dépassé le zénith, lorsqu'il couvre la majeure partie du ciel, l'observateur voit au-dessous beaucoup de petits ascitizi, sans qu'il puisse trop décider ni d'où ils viennent, ni comment ils sont formés. Ces ascitizi paraissent déchirés, morcelés : on dirait des lambeaux de nuages. Ils poussent çà et là de longs bras. Leur marche est vive, irrégulière, incertaine, mais toujours cependant horizontale. Lorsque, dans leurs mouvements opposés, deux de ces nuages viennent à se rapprocher, ils paraissent vraiment étendre l'un vers l'autre leurs bras irréguliers. Après s'être presque touchés, ils se repoussent évidemment, et les bras dont nous venons de faire mention se reploient par un mouvement contraire à celui qui s'était d'abord manifesté.

Les remarques qu'on vient de lire sont la substance de ce qu'a dit sur la matière un auteur (Beccaria) qui vivait dans une contrée (Turin) presque entièrement entourée de hautes montagnes. On saura ce qu'elles renferment de local et de général, quand on pourra les comparer à la description de la naissance, du progrès et de l'entier développement d'un orage dans un pays de plaine [1].

Personne ne doutera qu'il n'y ait quelque chose de local dans ce qui concerne la formation et le développement des nuages orageux, en lisant cette description empruntée à M. Antoine d'Abbadie, des nuages dans lesquels la foudre s'élabore souvent en Abyssinie :

« Les nuages orageux, en Éthiopie, sont toujours unis à *leur* surface intérieure, déchiquetés à leur surface opposée, et en général très-peu épais. Quelques-uns de ces nuages, malgré les fortes manifestations électriques dont ils étaient le foyer, n'auraient pas, dit le savant voyageur, empêché de voir les étoiles au travers. »

M. d'Abbadie croit avoir remarqué que ces nuages ont une tendance à se réunir près des pics élevés, en sorte que ces pics, imprégnés de la matière de la foudre, ont l'air d'exercer une force attractive sur les nuages.

Ajoutons, à ces différentes remarques, que les nuages orageux abandonnent souvent la direction du vent qui les

1. Saint-Lambert, dans son poëme des *Saisons*, commence la description d'un orage par ces deux vers :

> On voit à l'horizon, de deux points opposés,
> Des nuages monter dans les airs embrasés :

Le versificateur, en parlant des *deux points opposés* d'où certains nuages s'élèvent au début d'un orage, a-t-il décrit un phénomène local ?

pousse pour suivre des cours d'eau. M. Sturgeon dit avoir souvent observé ce phénomène au confluent de la Medway et de la Tamise.

Pour tout ce qu'il avance sur la disparition graduelle des fortes ondulations des nuages orageux, à mesure que ces nuages s'avancent de l'horizon vers le zénith, Beccaria n'a pu vouloir parler que de leur surface inférieure, la seule qui fût visible de son Observatoire de Turin. Nous ne pourrions rien dire sur l'état de la surface supérieure, s'il ne m'était venu à l'esprit de consulter les officiers d'état-major, anciens élèves de l'École polytechnique, qui, ayant parcouru récemment la chaîne des Pyrénées pour la couvrir de leurs admirables réseaux trigonométriques, avaient dû se trouver fréquemment au-dessus des orages[1].

J'ai appris, par eux, qu'alors même qu'une couche de nuages semble parfaitement unie, parfaitement de niveau sur sa face inférieure, la face opposée n'est qu'un composé de très-hautes protubérances et de profondes cavités.

M. Hossard m'a indiqué un signe précurseur des orages, dont aucun météorologiste n'avait fait, je crois, mention avant lui. Cet officier a remarqué que, durant les grandes chaleurs, il se produit tout à coup, sur plusieurs points de la couche des nuages inférieurs, des soulèvements qui se prolongent comme de longues fusées verticales, et à l'aide desquels des régions atmosphéri-

1. J'adresserai ici mes remercîments particuliers à deux de ces officiers, pleins de mérite, MM. les capitaines Peytier et Hossard, qui m'ont remis des notes également remarquables par leur exactitude et par les connaissances de physique qu'elles supposent.

ques assez distantes peuvent se trouver en communication immédiate [1].

Franklin a été plus loin, en un certain sens, que Beccaria. Suivant lui, un gros nuage unique ne saurait être orageux. Quand un observateur, dit-il, se trouve à peu près placé sur le prolongement horizontal d'un gros nuage d'où jaillissent les éclairs et le tonnerre, il aperçoit, sous celui-ci, une série d'autres nuages fort petits et situés les uns au-dessous des autres. Quelquefois les plus bas de ces petits nuages sont peu éloignés de terre.

Ainsi, d'après Franklin, deux conditions sont nécessaires pour qu'un nuage soit orageux : il faut que ce nuage soit très-étendu ; il faut, de plus, que de petits nuages *s'interposent* entre sa surface inférieure et la terre. Mais est-il bien vrai que des éclairs ne jaillissent jamais d'un petit nuage isolé ; que jamais la foudre ne s'en détache ? Je prie de remarquer que je pose le problème comme question de fait, et nullement sous le point de vue d'une

1. Dans certaines localités, d'après les remarques de M. le capitaine Peytier, les orages qui éclatent sur les montagnes, ont pour *germe*, si cette expression m'est permise, quelques lambeaux de nuages formés sur le bas pays, ou détachés des immenses couches dont les plaines environnantes étaient précédemment couvertes. Suivant lui, l'observateur placé sur un des pics des Pyrénées, d'où l'on aperçoit le Roussillon ou la Gascogne, sur le Canigou ou le Pic du Midi de Bigorre, par exemple, voit tous les matins, plusieurs heures après le lever du soleil, se former au-dessus de la plaine, des nuages qui souvent s'élèvent avec rapidité, vont se grouper tous, tantôt sur une cime, tantôt sur une autre, et le plus ordinairement y engendrent un orage. Lorsque la plaine est déjà couverte le matin, il n'y a pas lieu à de nouvelles formations; mais des fragments se détachent, çà et là, des nuages préexistants, les uns de bonne heure, les autres plus tard. L'orage éclate dès que ces fragments se sont réunis en grand nombre autour d'une des cimes de la chaîne.

possibilité théorique. Eh bien, à la question de fait, la plupart des météorologistes, d'accord en cela avec le philosophe américain, ont répondu négativement. Je puis citer, par exemple, le grand nom de Saussure. Voici ce que je trouve à ce sujet dans la relation du célèbre *Voyage au col du Géant* :

« Quant aux orages, je n'en ai vu naître dans ces montagnes que dans le moment de la rencontre ou du conflit de deux ou plusieurs nuages. Au col du Géant, tant que nous ne voyions dans l'air ou sur la cime du Mont-Blanc, qu'un seul nuage, quelque dense et quelque obscur qu'il parût, il n'en sortait point de tonnerre; mais s'il s'en formait deux couches l'une au-dessus de l'autre, ou s'il en montait des plaines ou des vallées qui vinssent atteindre ceux qui occupaient les cimes, leur rencontre était signalée par des coups de vent, *des tonnerres,* de la grêle et de la pluie. »

Il est des physiciens, et dans le nombre Saussure occupe certainement un des premiers rangs, dont les observations doivent être admises, presque sans examen, quand il s'agit de faits positifs; mais en matière de faits négatifs, cette foi aveugle serait une grande faute. On doit comprendre, en effet, que les circonstances rares et fortuites sous lesquelles certains phénomènes naturels se développent, peuvent ne s'être jamais offertes à tel ou tel savant, quelque éminent qu'il soit d'ailleurs; aussi, sans être découragé par l'assertion de Saussure, me suis-je mis à chercher dans de vieux recueils météorologiques qui, certes, sont loin de mériter le dédain avec lequel il est presque de bon ton d'en parler aujourd'hui, si *les petits*

nuages isolés ne produisent jamais ni éclairs ni tonnerre. La peine que j'ai prise n'a pas été sans résultat.

Je lis dans un Mémoire de l'académicien Marcorelle, de Toulouse, que le 12 septembre 1747, le ciel étant serein et parfaitement pur, sauf *un petit nuage* qui paraissait, à la vue, exactement rond et de 40 à 43 centimètres de diamètre, la foudre tout à coup gronda, éclata et tua la femme Bordenave, après l'avoir brûlée au sein, sans endommager ses vêtements.

A la date du 30 juillet 1764, je trouve dans les *Observations botanico-météorologiques faites à Denainvilliers, près de Pithiviers*, par M. Duhamel du Monceau, la note également sans réplique que je vais transcrire :

« A cinq heures et demie du matin, par un beau soleil, il a passé un petit *rocher isolé.* De ce nuage il est sorti un éclair et un coup de tonnerre qui est tombé sur un orme, très-près du château de Denainvilliers; il a enlevé une lanière d'écorce de 20 pieds (6m.5) de hauteur jusqu'à la racine, sur 2, 3 et 4 pouces de largeur (5 à 10 centimètres); il a fait sur le bois une rainure d'un travers de doigt de largeur et de profondeur, et dans le fond de cette rainure on voyait une ligne comme un fil noir, où le bois paraissait être fendu; dans le moment, on a senti dans une ferme voisine une odeur de soufre qui a beaucoup effrayé. »

Bergman vit lui-même « le tonnerre tomber d'un très-petit nuage sur un clocher, le ciel étant d'ailleurs parfaitement clair. »

J'espère que les petits nuages seront définitivement rétablis dans leurs droits quand j'aurai rapporté une qua-

trième observation dont je suis redevable à M. le capitaine Hossard.

En 1834, cet officier, descendant la route qui passe au col de la Faucille, dans le Jura, vit se former un petit chapeau de nuages autour d'un sommet voisin, appelé le Colombier de Gex, dont la hauteur au-dessus de la mer est de 1,600 mètres. Le nuage existait à peine depuis quelques instants, quand il en partit un fort coup de tonnerre.

Quoique la discussion qu'on vient de lire ne soit certainement pas propre à accroître notre confiance dans les faits négatifs, je dirai cependant que, suivant Beccaria, la foudre ne part jamais des nuées *fumeuses*, c'est-à-dire de ces couches de nuages qui sont si remarquables par l'apparente uniformité de leur composition et par la régularité de leur surface.

Nous terminerons ici ce chapitre. Un jour, peu éloigné peut-être, on aura sur le sujet que j'y ai traité, des données plus nettes, plus précises, plus substantielles. Ce sujet est certainement très-digne de l'attention des météorologistes. Ceux qui ne se préoccuperont pas du ridicule qu'on pourrait vouloir déverser sur l'observation assidue d'une chose aussi changeante, aussi variable, aussi mobile que les nuages, recueilleront certainement d'une pareille étude beaucoup de faits utiles à la science.

CHAPITRE III.

FOUDRE DES NUAGES VOLCANIQUES.

LA FOUDRE S'ÉLABORE ET SE MANIFESTE QUELQUEFOIS DANS DES NUAGES DONT LA NATURE SEMBLE TOUTE DIFFÉRENTE DE CELLE DES NUAGES ATMOSPHÉRIQUES ORDINAIRES.

Pline le Jeune a écrit à Tacite deux lettres, devenues célèbres, au sujet de l'éruption du Vésuve qui, en l'an 79 de notre ère, occasionna la mort de son oncle, Pline le Naturaliste. Dans la seconde de ces lettres, il parle de nuées noires et horribles (c'étaient des nuées de cendres) déchirées par des feux serpentants (on n'emploierait pas aujourd'hui d'autres paroles pour caractériser certains éclairs des orages ordinaires); « de nuées qui *s'ouvraient* et laissaient échapper de longs sillons de flammes, semblables à des éclairs. »

Les ouvrages du père della Torre fourniraient au besoin beaucoup de citations du même genre. Dans la description de l'éruption du Vésuve de l'année 1182, nous trouverions, par exemple, « que la fumée excessivement dense (*densissimo*) dura depuis le 12 jusqu'au 22 août, et que la foudre (*saette*) se montra souvent au milieu de cette fumée. »

Bracini, témoin oculaire de l'éruption du Vésuve de l'année 1631, dit que la colonne de fumée qui s'éleva du cratère s'étendit dans l'atmosphère jusqu'à la distance de 160 kilomètres, et que, pendant le trajet de ce nuage d'une espèce particulière, il en sortit souvent des foudres qui tuèrent plusieurs personnes et plusieurs animaux.

Pendant l'éruption du Vésuve de l'année 1707, Giovanni Valetta écrivait de Naples à Richard Waller : « Le troisième et le quatrième jour, le volcan a jeté par son cratère des éclairs semblables à ceux qui, dans certaines circonstances, illuminent le ciel. Ils étaient tortueux, serpentants, et après leur apparition on entendait les éclats du tonnerre..... Des éclairs, des tonnerres si fréquents, si intenses, avaient fait croire à une pluie prochaine; mais on reconnut enfin qu'ils naissaient dans un nuage obscur composé, non de vapeurs ordinaires, mais seulement de cendres. »

Les paysans établis au pied du Vésuve disaient à sir William Hamilton, à la suite de l'éruption de 1767, qu'ils furent bien plus effrayés des éclairs incessants et des foudres qui tombaient parmi eux, que des laves brûlantes et des autres phénomènes menaçants dont une éruption volcanique est toujours accompagnée.

Durant la terrible éruption de 1779, il sortait du cratère du Vésuve, pêle-mêle avec la lave incandescente, de fréquentes bouffées d'une fumée aussi noire qu'on puisse l'imaginer (*as black as can possibly be imagined*). Cette fumée, dit sir William Hamilton, paraissait sillonnée par des éclairs serpentants, à l'instant même où elle se dégageait du cratère.

L'éruption du Vésuve de 1794, si bien décrite par le même observateur, renferme des indications non moins positives. Le 16 juin, rien d'enflammé ne dépassait le cratère. Il en sortait seulement de la fumée noire et des cendres qui formèrent au-dessus de la montagne un nuage gigantesque. Ce nuage était sillonné par les éclairs en

zigzag, si bien connus des météorologistes, et que les habitants du pied du Vésuve appellent *ferilli*.

Les éclairs volcaniques vus par Hamilton en 1799 ne furent accompagnés d'aucune détonation sensible. En 1794, au contraire, des décharges comparables à celles des plus violents coups de tonnerre les suivaient constamment. L'orage formé par la seule influence du volcan était, sous tous les rapports, pareil aux orages ordinaires. Les foudres qu'il lançait produisaient les accidents accoutumés. On eut particulièrement l'occasion de se convaincre de cette parfaite ressemblance entre les effets des orages volcaniques et des orages ordinaires, en examinant l'habitation foudroyée du marquis de Berio, à San-Jorio. Les cendres dont se composait en très-grande partie le nuage volcanique avaient la finesse du tabac d'Espagne. Ce nuage fut transporté par le vent jusqu'au-dessus de la ville de Tarente, dont la distance au Vésuve est d'environ 400 kilomètres. Là aussi la foudre qui s'en détacha produisit de grands dégâts dans une maison.

Je n'ai parlé jusqu'ici que des éruptions du Vésuve. Quoique je doive peu craindre que personne s'avise d'attribuer aux nuages de fumée et de cendre qui s'élèvent du cratère de ce volcan, le privilége exclusif d'engendrer le tonnerre, je ferai cependant quelques nouvelles citations.

La première, je l'emprunterai à Sénèque.

Dans les *Questions naturelles*, liv. II, § 30, je lis que pendant une grande éruption de l'Etna, le tonnerre grondait, et qu'on vit éclater la foudre au milieu des nuages de sable brûlant que le volcan vomissait.

Ma seconde citation, je la puiserai dans la *Descrizione dell' Etna del' abate Francesco Ferrara.*

Au commencement de l'année 1755, il s'éleva du cratère de l'Etna une immense et très-noire colonne de fumée qui était fréquemment traversée par des éclairs tortueux (*tortuose balenazioni*).

Lorsque l'îlot, de si courte durée, Sabrina, surgit en 1811, près de Saint-Michel des Açores, les colonnes excessivement noires, composées de poussière et de cendres, qui s'élevaient du sein de l'Océan, étaient, dit le capitaine Tillard, sillonnées sans cesse dans leurs parties les plus opaques, les plus sombres, par des éclairs d'une vivacité extraordinaire.

Il n'y a pas jusqu'au petit volcan qui se montra en juillet 1831, entre la Sicile et Pantellaria, qui ne puisse aussi figurer dans ce chapitre. John Davy nous apprend, en effet, que, le 5 août, il s'élevait de temps en temps du cratère, jusqu'à la hauteur de 900 à 1,200 mètres des colonnes d'une poussière parfaitement noire, et que des éclairs suivis de tonnerre en jaillissaient presque continuellement dans différentes directions.

Peut-être trouvera-t-on que j'ai accordé beaucoup trop d'importance aux éclairs et aux tonnerres dont les nuages volcaniques sont le siége. Je sais qu'on pourra dire que d'immenses colonnes de vapeur d'eau s'élèvent souvent des cratères; que cette vapeur forme la partie principale des nuages volcaniques; que les cendres, que les poussières noires et impalpables vont seulement se mêler à elle pour en altérer la blancheur et la demi-transparence, etc., etc.

Ma réponse est bien simple : il serait vrai que les nuages excessivement noirs, qui, après s'être élevés de la bouche des volcans jusqu'à des hauteurs prodigieuses, après s'être étalés dans tous les sens autour de la colonne ascendante, donnent à l'ensemble des déjections gazeuses et pulvérulentes, cette forme d'un pin si bien décrite par Pline le jeune et par les observateurs modernes; il serait vrai, disons-nous, que ces nuages se composent en très-grande partie de vapeur d'eau, qu'il n'en resterait pas moins à examiner comment la vapeur, quand elle s'élève d'un cratère à peu près pure, n'est, si je suis bien informé, jamais ou presque jamais orageuse, et comment les cendres, comment les poussières volcaniques lui communiquent toujours cette propriété. Rien, au surplus, n'établit la vérité de l'hypothèse dont je viens de faire mention, si on l'envisage d'un point de vue général; rien ne prouve, par exemple, à l'égard de l'épais nuage qui, en 1794, s'étendit du Vésuve jusqu'à Tarente, qu'en arrivant près de cette ville, il ne se composait pas exclusivement de poussière impalpable. D'après la relation du capitaine Tillard, de noires colonnes de fumée s'élevaient de l'Océan, près des Açores, avant que le petit îlot Sabrina eût commencé à surgir. Dans ce cas, la vapeur engendrée au foyer volcanique sous-marin ne devait-elle pas se condenser en grande partie, pendant sa marche ascensionnelle vers la surface, comme elle se condense au contact de l'eau froide dans l'admirable machine de Watt? Je ne pousserai pas plus loin ces considérations. Mais, tout à l'heure, je citerai un fait qui leur donnera une grande force, puisqu'il prouvera qu'après

s'être détachées des nuages et lorsqu'elles arrivent à terre dans un état de sécheresse extrême, les poussières volcaniques sont quelquefois si fortement imprégnées de la matière de la foudre, qu'elles donnent lieu à de remarquables phénomènes de phosphorence.

CHAPITRE IV.

DE LA HAUTEUR DES NUAGES ORAGEUX.

La foudre, comme nous l'expliquerons plus loin, produit en tombant sur certaines roches des phénomènes locaux de fusion et de vitrification bien connus des observateurs. Ces vitrifications superficielles et circonscrites, mon illustre ami M. de Humboldt les a aperçues à la partie culminante de la principale sommité de la montagne de Toluca (à l'ouest de Mexico), à la hauteur de 4,620 mètres au-dessus du niveau de la mer; Saussure les a vues au sommet du Mont-Blanc, à 4,810 mètres d'élévation [1]; Ramond, au Mont-Perdu, à 3,410 mètres, et au Pic du Midi, à 2,935 mètres. Qui, d'après cela, ne se croirait autorisé à dire que, dans les pays de montagnes, au moins, les nuages orageux s'élèvent quelquefois :

1. Pour plus d'exactitude, je dois dire que les vitrifications superficielles, marques certaines du tonnerre, n'ont pas été aperçues à la cime même du Mont-Blanc, mais sur une partie de cette colossale montagne appelée le Dôme de Gouté, et dont la hauteur verticale est un peu moins grande. Au sommet du Mont-Blanc, les traces, les indices de quelque coup de foudre récent que Saussure crut remarquer, consistaient en des fragments de rocher qui gisaient dans tous les sens sur de la neige nouvellement tombée, à plusieurs pieds de distance de leur situation primitive.

Au Mexique.	à plus de 4,620 mètres ;	
En Suisse.	»	4,810
Dans nos Pyrénées. . . .	»	3,410?

La conséquence serait juste, comme on va le voir tout à l'heure, mais la démonstration manquerait complétement de rigueur. Nous sommes partis, en effet, de l'opinion commune, adoptée sans réflexion, que la foudre s'élance des nuages seulement de haut en bas. Eh bien, je citerai un fait qui établit la réalité de la marche inverse. Nous verrons divers objets frappés et endommagés par un coup de foudre parti de nuages beaucoup plus bas qu'eux.

Nous ne pouvons donc guère espérer de trouver des déterminations certaines des plus grandes hauteurs où se maintiennent les nuages orageux, que dans les relations des voyages faits sur les sommités des principales chaînes de montagnes des deux continents. Telle est aussi la mine où nous allons puiser.

Dans son ouvrage sur la figure de la Terre, Bouguer parle d'un orage qui les surprit, lui et La Condamine, au Pichincha, un des sommets de la Cordillère du Pérou. La hauteur du Pichincha, au-dessus du niveau de la mer, est de 4,868 mètres.

Le 5 juillet 1788, le lendemain de leur arrivée sur le Col du Géant, MM. de Saussure père et fils y furent assaillis par un violent orage, pendant lequel les éclairs et le tonnerre se succédaient sans interruption. La hauteur des nuées orageuses au-dessus de la montagne ne fut ni déterminée ni évaluée. Tout ce que nous pourrons dire de

cette hauteur, rapportée au niveau de la mer, sera donc qu'elle surpassait notablement la hauteur du rocher où MM. de Saussure avaient établi leurs tentes, c'est-à-dire 3,471 mètres.

Un paragraphe de la relation si célèbre de ces deux grands observateurs, dans lequel ils font mention d'orages qui naissaient à la sommité du Mont-Blanc, toutes les fois qu'il s'y formait deux couches de nuages, nous autoriserait à augmenter d'un millier de mètres le nombre que nous venons de rapporter, et d'affirmer qu'au milieu des Alpes, MM. de Saussure *ont vu, ont entendu des orages* dont le siége était à environ 4,500 mètres de hauteur verticale au-dessus du niveau de l'Océan.

Grâce à MM. les capitaines Peytier et Hossard, les Pyrénées figureront aussi dans ce chapitre.

En août 1826, à la station géodésique du Pic de Troumouse (élevé de 3,086 mètres), les orages s'engendraient dans une couche de nuages dont la surface la plus voisine de terre était à environ 3,000 mètres de hauteur verticale au-dessus de la mer.

Dans la même année et dans le même mois, au Pic de Baletous, la face inférieure des nuées orageuses se trouva à 3,200 mètres.

En août 1827, à la station du Tuc de Maupas (élevée de 3,110 mètres), MM. Peytier et Hossard entendaient des coups de tonnerre dans des nuages qui étaient, toujours par leur face inférieure, à 3,300 mètres!

Voilà donc en Amérique, dans les Alpes, dans les Pyrénées, de véritables, de fréquents orages, à d'immenses hauteurs au-dessus de l'Océan. Les hauteurs sont-

elles jamais aussi grandes pour les orages qui éclatent sur les pays de plaine? Cette question n'intéresse pas seulement notre curiosité. Supposez-la résolue affirmativement, et la densité de l'air jouera seule un rôle dans la formation des nuées orageuses. Prenez l'hypothèse contraire, et l'action de la terre deviendra manifeste, et cette action, quelle qu'en puisse être la nature, sera caractérisée par le fait remarquable que le sol d'un pays, en s'élevant, élève en même temps la région des orages; et il demeurera établi qu'un plateau, qu'une montagne, communiquent, par leur voisinage, à des couches atmosphériques de certaine densité, des propriétés dont ces mêmes couches seraient dépourvues dans un plus grand isolement. Il suffira de ces réflexions pour montrer que le but que je me proposais ici n'est pas encore atteint. Il me reste à chercher quelle est la hauteur des orages dans les pays de plaine peu élevés au-dessus de la mer.

Près d'une chaîne de montagnes, on apprécie la hauteur des nuages d'après celle des sommités ou de toute autre espèce de repères que ces nuages vont couvrir et dont on a fixé les coordonnées verticales par des nivellements barométriques ou trigonométriques. Dans les pays de plaine, on a recours à une méthode, non moins satisfaisante, qui se fonde sur la comparaison du temps de l'apparition de l'éclair et de celui de l'arrivée du bruit du tonnerre au lieu qu'occupe l'observateur. Cette méthode, j'en indiquerai bientôt les principes. Ici, je dois me contenter de rapporter les résultats qu'elle a donnés [1].

1. Si ces résultats ne sont pas plus nombreux, il faut s'en prendre à la déplorable habitude qu'ont eue la plupart des auteurs de traités

Je trouve, dans un recueil de *Mémoires* de de l'Isle, membre de l'Académie des sciences, quatre observations faites à Paris, le 6 juin 1712, dans l'intervalle de six minutes, et qui me donnent, après un calcul convenable, pour *la hauteur verticale* des nuages dans lesquels naissaient l'éclair et le tonnerre :

Cet énorme résultat. . . . . 8,080 mètres!

Dans les soixante-dix-sept observations que le Mémoire de de l'Isle renferme, il n'en est aucune autre, après celle du 6 juin 1712, qui puisse être calculée. Par un inconcevable oubli, la *hauteur angulaire* de la région où les éclairs se montraient n'est donnée qu'une fois.

Le même oubli se remarque dans les observations que l'abbé Chappe recueillit à Bitche, en Lorraine, pendant l'année 1757. Les observations de Tobolsk (Sibérie), faites en 1761 par le même astronome, sont plus complètes. J'y trouve que, le 2 juillet, la hauteur verticale des nuées orageuses était de. . . . . 3,340 mètres. (Le thermomètre marquait + 21° centigrades.)

de physique, de présenter tous les problèmes comme résolus, toutes les questions comme entièrement épuisées. Des assertions tranchantes, là où le doute devrait accompagner chaque parole, nuisent essentiellement aux progrès des sciences. Signaler des lacunes est encore plus utile qu'enregistrer des découvertes. C'est en essayant de faire disparaître certaines difficultés de la théorie newtonienne de l'émission, que plusieurs physiciens exacts ont donné à l'optique une face entièrement nouvelle. C'est en ne croyant pas sur parole ceux qui criaient naguère à pleine voix : « Il n'y a plus rien à trouver sur l'électricité et le magnétisme qui ne soit aujourd'hui du ressort immédiat du calcul », qu'on a enrichi ces deux sciences d'une innombrable série d'étonnants phénomènes dont on n'avait pas la plus légère idée il y a quelques années.

Le 13 juillet, Chappe trouva. . . . 3,470 mètres.

Deux observations faites à Berlin, par le célèbre Lambert, le 25 mai et le 17 juin 1773, donnent pour la hauteur des nuages orageux :

La première observation. . . . . . 1,900 mètres;
La seconde » . . . . . 1,600.

Ces déterminations ne sont pas assez nombreuses pour qu'on doive se hasarder à en déduire des conclusions générales. Il est, toutefois, bien remarquable que la plus grande hauteur de nuées orageuses qu'il ait été possible de recueillir appartienne à un pays de plaine, et qu'elle soit même, si de l'Isle ne s'est pas trompé, presque le double de la plus grande hauteur des orages dans les Alpes. Au surplus, les observations de cette espèce sont très-faciles; les occasions de les faire assez fréquentes; tout nous autorise donc à espérer que, une fois dûment avertis, les astronomes et les météorologistes s'empresseront de combler la lacune que j'ai dû leur signaler.

Je me suis attaché jusqu'à présent à noter les plus grandes hauteurs où s'engendrent les orages. Malheureusement je ne trouverai guère des documents plus nombreux si j'aborde la question des hauteurs ordinaires.

Les observations de de l'Isle n'étant jamais accompagnées, comme je l'ai déjà dit, d'une appréciation de la hauteur angulaire des éclairs, ne peuvent donner que de simples limites.

Voici les moins fortes :

	Hauteur verticale en mètres.
En mai, un orage à Paris était *à moins* de. .	2,400;
En juin, un autre était *à moins* de.	1,000;
Le 2 juillet, un troisième était *à moins* de. .	1,400;
Le 21 du même mois, un quatrième était *à moins* de.	1,400.

Je ne vois aucun moyen de déduire des observations de de l'Isle des limites inférieures à celles que je viens de rapporter.

Le Gentil, qui séjourna quelque temps à l'île de France, à Pondichéry et à Manille, assure, d'après ses propres observations, que, sur ces trois points des régions équinoxiales, la couche inférieure des nuages dans lesquels s'engendrent les *orages ordinaires* n'est jamais à plus de 900 mètres d'élévation verticale. Toutefois, par une exception, le 28 octobre 1769, à Pondichéry, le foyer de l'orage se trouvait à une hauteur de plus de :

3,300 mètres.

Les observations de Tobolsk donnent :

Un cas où le nuage orageux pouvait n'être élevé verticalement que de.	214 mètres.
Un second où la hauteur était de.	292
Six cas correspondant à des hauteurs comprises entre.	400 et 600
Trois cas où les nuages se trouvaient entre.	600 et 800
Cinq cas, enfin, correspondant à des hauteurs supérieures à. .	800

M. Haindiger, savant physicien autrichien, a publié récemment deux relations desquelles il résulte que les nuages où s'élaborent les coups foudroyants sont quelquefois beaucoup moins élevés qu'on ne le supposerait d'après les déterminations qu'on vient de lire.

Le 26 août 1827, il éclata pendant les vêpres un orage au-dessus du couvent d'Admont, en Autriche. Cet orage tua deux jeunes prêtres dans le chœur même de l'église. Le nuage d'où partit la foudre n'avait que 8 mètres d'épaisseur, et sa distance perpendiculaire au sol ne dépassait pas 28 mètres.

Le couvent est dans la vallée; un château situé sur le penchant de la colline et élevé à une hauteur verticale de 117 mètres, n'avait alors pour habitants que le gardien et sa femme. Pendant toute la durée de l'orage, ces deux individus virent la croix du clocher du couvent, haute de 36 mètres, dominer la couche nuageuse, dont la surface inférieure rasait une des fenêtres du clocher, percée à environ 28 mètres du sol.

Outre la couche de nuages dont nous venons de parler, qui couvrait toute la vallée, il en existait une autre plus élevée, et dont la hauteur exacte, déterminée par les repères auxquels elle correspondait, était d'environ 732 mètres. La distance qui séparait les deux couches étant de 696 mètres à peu près, c'est entre ces deux nuages que s'échangeaient les décharges, lesquelles paraissaient aller presque toujours du nuage inférieur au supérieur.

Il y eut à Graz, le 15 juin 1826, un orage remarquable. Pendant la durée d'une heure au plus, la foudre tomba neuf fois, cinq fois avec inflammation.

La ville de Graz est, comme on sait, située sur les flancs du Shlossberg ; et la citadelle, située au sommet de cette colline, haute de 490 mètres, resta découverte pendant toute la durée de l'orage ; le ciel au-dessus était tout à fait serein et bleu ; au contraire, la tour de l'horloge du Johanneun, à 123 mètres au-dessous de la citadelle, était presque entièrement plongée dans les couches nuageuses. En combinant toutes les mesures, on trouva que la hauteur verticale de la surface supérieure du nuage était d'environ 106 mètres, la hauteur de la surface inférieure d'environ 70 mètres ; l'épaisseur, par conséquent, de la couche nuageuse était de 36 mètres.

Muni de bons chronomètres et d'excellents moyens de mesurer les hauteurs angulaires, M. d'Abbadie ne pouvait manquer d'essayer de déterminer la hauteur ordinaire des nuages orageux en Abyssinie, où son zèle pour la science l'avait conduit. Voici ses principales déterminations à ce sujet :

Dates.	Hauteur du nuage au-dessus du terrain où M. d'Abbadie observait.
15 février 1844	2,036 mètres.
12 février 1844	1,896
26 octobre 1843	1,087
20 octobre 1845	212

Je n'ai pas recueilli tant de nombres par une vaine curiosité. On les verra plus loin prendre place dans la discussion de certaines questions capitales fort controversées entre les physiciens : ils nous serviront à examiner si la foudre descend toujours des nuages vers la terre, ou bien si, quelquefois au contraire, elle remonte de la terre aux nuages.

CHAPITRE V.

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'ÉCLAIRS.

Les phénomènes de lumière qui se manifestent dans les orages, et qu'on appelle les *éclairs*, ont des formes assez dissemblables et des propriétés assez variées pour qu'il m'ait paru nécessaire d'en faire plusieurs classes.

§ 1er. — Éclairs en zigzag ou de la première classe.

La première classe comprend certains éclairs que tout le monde a dû remarquer, et qui paraissent consister en *un trait, en un sillon de lumière très-resserré, très-mince, très-arrêté sur ses bords.*

Ces éclairs ne sont ni toujours blancs ni toujours de la même couleur. Les météorologistes déclarent en avoir vu de purpurins, de violacés, de bleuâtres [1].

Malgré leur incroyable vitesse, ils ne se propagent pas en ligne droite. Ordinairement, au contraire, *ils serpentent, ils dessinent dans l'espace, les zigzags les plus prononcés* [2].

1. Ceux qui, de prime abord, trouveraient ces remarques minutieuses, changeront d'avis, je l'espère, quand nous aurons établi que les nuances citées sont liées à l'état de l'air au milieu duquel les éclairs ont pris naissance; lorsqu'il deviendra évident qu'une simple appréciation de couleur pourra, en certains cas, devenir l'équivalent de plusieurs sortes d'observations météréologiques qui seraient faites dans la région des nuages.

2. Howard a vu des éclairs qui, après avoir terminé presque complétement leur course descendante, revenaient sur leurs pas, par-

J'ai lu quelque part, mais en ce moment je ne retrouve pas le passage, qu'à la suite de plusieurs *zigzags*, des éclairs, après s'être en quelque sorte reployés sur eux-mêmes, retournèrent vers la région d'où ils s'étaient originairement élancés [1]. Ce qui n'est qu'une très-rare exception dans les orages ordinaires se manifeste fréquemment, au contraire, au milieu des nuées volcaniques. Témoin ces paroles de Sorrentino sur l'éruption du Vésuve de 1707 :

« Les habitants, dans l'obscurité la plus profonde, se trouvaient au milieu des éclairs (*saette*). Les éclairs qui sortaient de la fournaise du Vésuve ne dépassaient pas dans leur course le cap Pausilippe, où s'arrêtait aussi le nuage de cendres. Là, ils se repliaient et revenaient par le même chemin frapper la fournaise d'où ils étaient sortis. »

Sir William Hamilton ne s'explique pas avec moins de netteté : « Ces éclairs volcaniques (ceux de l'éruption du

couraient dans ce mouvement rétrograde, ou de bas en haut, le tiers, la moitié même de l'intervalle compris entre les nuages et le sol ; se reployaient là de nouveau et allaient frapper quelque objet terrestre. Je n'ai pas inséré cette citation dans le texte, parce que le savant météorologiste anglais parle de la lenteur avec laquelle ces divers mouvements s'exécutent, et qu'une extrême vitesse est le trait caractéristique des éclairs de la première classe.

1. Ne pourrait-on pas se croire autorisé à soutenir que les anciens avaient, eux aussi, remarqué les étranges, les inconcevables mouvements rétrogrades de la foudre, après avoir lu dans le livre II de l'*Histoire naturelle* de Pline, ces quelques lignes : « Rien de plus important que d'observer de quelles régions viennent les foudres, et vers quelles régions *elles s'en retournent*. *Leur retour* aux parties orientales est un heureux augure. Quand elles viennent de cette première partie du ciel et *qu'elles y retournent*, c'est le présage d'une souveraine félicité. »

Vésuve de 1799) abandonnaient très-rarement le noir nuage de cendres qui s'avançait vers la ville de Naples et semblait la menacer d'une entière destruction : ils *retournaient* vers le cratère du volcan, et rejoignaient la colonne ascendante enflammée d'où originairement on les avait vus sortir. Une ou deux fois, seulement, ces éclairs (ou *ferilli*, comme les Napolitains les appellent) tombèrent sur *la Somma* et mirent le feu à des buissons et à des herbages secs. »

Le mouvement rétrograde singulier d'éclairs de la première espèce se trouve indiqué fort nettement dans le fait que je vais citer. M. d'Abbadie rapporte qu'en Éthiopie il a vu des éclairs de la première classe s'élancer d'un nuage supérieur horizontal vers un second nuage moins élevé, pareil au premier, et revenir sur leurs pas en suivant une marche qui traçait une sorte de V.

Il n'est pas rare que les éclairs dont nous nous occupons maintenant s'élancent d'un groupe de nuages sur un autre groupe. Cependant, leur course la plus ordinaire les porte des nuages vers la terre.

Dans ce dernier cas, on a cru voir l'extrémité inférieure du trait de lumière sous la forme d'un dard. Une chose beaucoup moins douteuse, c'est que, parfois, ces éclairs se bifurquent; c'est qu'ils se partagent même en trois rameaux : ainsi, un simple trait lumineux part de la nue; après un certain trajet, il y en a deux ou trois parfaitement distincts. Leur écartement angulaire est considérable, ils atteignent des points de la terre fort éloignés les uns des autres.

L'abbé Richard (l'auteur de l'*Histoire naturelle de*

l'air et des météores) me fournit un exemple d'évidente, de forte bifurcation. *Il vit* lui-même un sillon lumineux, unique au départ de la nue, se partager en deux à quelque distance de la terre, et chaque moitié aller frapper un objet séparé.

Quant il faut se prononcer sur la forme de phénomènes fortuits et qui durent aussi peu de temps qu'un éclair de la première espèce, on est heureux de pouvoir citer des observateurs du mérite de Nicholson. Aussi je me hâte de tirer d'une note de ce célèbre physicien, jetée, sans nom d'auteur, dans le coin obscur d'un journal, quelques mots précieux que j'y ai aperçus avec d'autant plus de plaisir que le titre de la note me les faisait moins espérer.

« Le 19 juin 1781, un violent orage passa sur l'extrémité occidentale de Londres. J'étais alors à Battersea, et je fis la remarque que les éclairs, accompagnés d'ailleurs d'explosions très-marquées et très-distinctes, furent, dans beaucoup de cas, *fourchus* à leur extrémité inférieure, mais jamais dans le haut. »

Si les cas de bifurcation ne sont pas communs, on concevra combien, à plus forte raison, doit être rare le partage d'un éclair unique en trois éclairs distincts. J'avais cru pouvoir affirmer que cette trisection s'effectue quelquefois, d'après ce que je trouvais dans la relation d'un orage publiée par William Borlase. Le passage dont je m'appuyais manquait peut-être de précision; mais il offrait, d'autre part, l'avantage d'émaner d'un observateur qui n'avait aucun système à faire prévaloir, je dirai plus, qui donnait sa remarque sans en apprécier l'importance. Quoi qu'il en soit, je désirais trouver

un second exemple d'éclair à trois branches, contre lequel il ne s'élevât pas même la possibilité d'une objection. N'est-il pas remarquable que j'aie été obligé de recourir aux nuées volcaniques pour le rencontrer? L'ouvrage de l'abbé Ferrara m'apprend que, le 18 juin 1763, il se forma sur le revers méridional de l'Etna, et à quelque distance du sommet, un certain nombre d'ouvertures d'où sortaient d'immenses globes d'une fumée noire mêlée de cendres et de poussière enflammée. Eh bien, ces nuages étaient sans cesse traversés par des *éclairs à trois pointes* (*da tricuspidali balenazioni*).

Un de mes amis, que j'avais prié de chercher dans la météorologie allemande de M. Kaemtz quelque citation qui pût être utilement ajoutée aux deux précédentes, m'annonce que cet excellent observateur assure *avoir vu* lui-même une fois, mais une seule fois dans sa vie, un éclair se partager en trois.

Depuis que cette Notice a été imprimée pour la première fois, en 1837, j'ai reçu de M. Jean de Charpentier la relation qu'on va lire, et dans laquelle il est également question d'un éclair de la première espèce qui, avant d'arriver à terre, se partagea en trois.

Cet éclair fut observé à Freiberg le 25 juin 1794. La pointe centrale frappa une maison située sur la place de la cathédrale; la branche du côté du sud incendia une maison située dans le faubourg, près d'un moulin appelé le Stockmühle; la troisième branche, celle du nord, passa par-dessus la ville, dans la direction du nord-ouest, et mit le feu à une chaumière près du village de Klein-Watersdorff. La maison incendiée près du moulin de la

Stockmühle se trouvait à 1,195 mètres au sud de celle frappée sur la place de la cathédrale, et de celle-ci à la chaumière incendiée, il y avait, il y a 2,600 mètres.

M. de Charpentier cite, dans la lettre qu'il m'a fait l'honneur de m'écrire, un coup de tonnerre unique, à la suite duquel on reconnut que cinq arbres, quelque peu éloignés les uns des autres, avaient été frappés; il montre, avec une assez grande probabilité, en réunissant toutes les circonstances, que, pour les expliquer, il fallait admettre l'action d'un éclair à cinq branches. Mais comme il ne serait pas impossible de rendre compte autrement de cette variété d'effets, j'ai dû n'insister que sur le cas dans lequel le savant naturaliste et son père *virent* trois éclairs se détacher d'un rameau unique.

J'ai laissé de côté tous les passages dans lesquels les anciens poëtes parlent de foudres à trois pointes, et je n'ai enregistré ici que les dédoublements et les trisections d'éclairs dont les physiciens ont pu constater l'existence *à l'aide de leurs yeux*. Il me serait facile d'aller bien plus loin, de trouver des divisions en quatre, en cinq, en dix, etc., si j'en cherchais les indices dans les effets que les éclairs produisent en arrivant à terre. Je citerais, par exemple, l'examen attentif auquel se livra M. Griffith, sur l'orage qui, le 3 juin 1765, fit d'assez grands dégâts dans le collége de Pembrocke à Oxford, puisqu'il paraît en résulter que la foudre avait, au même instant, pénétré dans le collége *par quatre points différents* et fort éloignés les uns des autres. J'insisterais particulièrement sur les circonstances d'un orage qui, en avril 1718, ravagea les environs de Landerneau et de Saint-Pol-de-Léon; je rap-

pellerais que *vingt-quatre églises* furent foudroyées quoiqu'on n'eût entendu que *trois coups* de tonnerre distincts; mais, pour le moment, j'abandonne des considérations plus ou moins conjecturales, plus ou moins sujettes à difficulté, et je m'en tiens, je le répète, aux phénomènes qui se sont manifestés par une séparation évidente, par une séparation saisissable à l'œil, d'un seul trait lumineux en plusieurs traits distincts.

Les éclairs de notre *première classe*, sont désignés en Italie par un nom particulier : on les appelle *saette*. Suivant une opinion fort *répandue chez nous*, tant parmi les physiciens que dans la masse du public, ce seraient principalement, sinon exclusivement, les *saette*, les éclairs *resserrés*, les éclairs *en sillon, en zigzag,* qui porteraient avec eux l'incendie et la destruction; ces éclairs, en un mot, constitueraient *la foudre* proprement dite[1].

A côté des bifurcations signalées dans cet article, je dois dire que M. Gamot, ancien élève de l'École polytechnique, m'écrit qu'il vit distinctement, dans le mois d'octobre 1838, des éclairs qui partirent de deux points très-différents d'une nuée orageuse, se réunir et descendre ensuite jusqu'à terre. L'observateur croit pouvoir affirmer que le phénomène ne fut pas un éclair ascendant qui se bifurqua en approchant des nuages.

1. Sénèque avait déjà coupé court à la distinction que ses contemporains établissaient entre l'éclair et la foudre. « L'éclair, disait-il, est la foudre qui ne descend pas jusqu'à terre; la foudre est l'éclair qui, au contraire, vient la toucher. » (*Quest. nat.*, liv. II, § 21.)

§ 2. — Éclairs de la seconde classe.

Venons maintenant aux *éclairs de la seconde classe.*

La lumière de ces éclairs, au lieu d'être concentrée dans les traits sinueux presque sans largeur apparente, embrasse, au contraire, d'immenses surfaces. Elle n'a, d'ailleurs, ni la blancheur, ni la vivacité de la lumière des éclairs fulminants. Souvent sa teinte est un *rouge très-intense.* Le *bleu* ou le *violet* y dominent aussi de temps en temps.

Quand il arrive qu'un éclair de la seconde classe est sillonné par un éclair en zigzag de la première, la différence de leurs couleurs devient manifeste aux yeux les moins exercés.

Les éclairs de la seconde classe paraissent quelquefois n'illuminer que les contours des nuages d'où ils émanent. Quelquefois aussi leur vive lumière embrasse toute l'étendue superficielle de ces mêmes nuages, et, de plus, elle semble sortir de leur intérieur. On dirait alors, en vérité, que les nuages s'entr'ouvrent : ce sont les expressions populaires, j'en chercherais vainement qui dépeignissent mieux le phénomène.

Les descriptions sont toujours des moyens très-imparfaits de caractériser les phénomènes météorologiques. Aussi, j'ajouterai en faveur des lecteurs à qui les détails précédents ne suffiraient pas, que ces éclairs de la seconde classe dont nous venons de nous occuper, sont de beaucoup les plus communs. Un grand nombre de personnes n'ont jamais vu, ou, du moins, n'ont jamais remarqué que ceux-là. Pendant un orage ordinaire il en surgit des

milliers, contre un éclair resserré et sinueux de la première classe.

§ 3. — Éclairs de la troisième classe.

Si l'on convient que toute lumière atmosphérique dont l'apparition coïncide avec les manifestations de la foudre, doit porter le nom d'éclair, on se trouve inévitablement conduit à ranger quelques-uns de ces phénomènes dans une classe totalement distincte des deux qui viennent de nous occuper.

Les *éclairs de la troisième classe* diffèrent, en effet, de ceux que nous avons dû placer dans les deux premières, par la durée, par la vitesse et aussi par la forme. Tout le monde a remarqué que l'éclair linéaire en zigzag nettement dessiné, que l'éclair superficiel à contours mal définis, ne durent qu'un instant. Des observations que nous analyserons bientôt, montreront à quel point cette durée est courte. Elles nous donneront de si petites fractions de seconde, qu'on en demeurera étonné. Les éclairs de la troisième classe, au contraire, sont visibles pendant une, deux, dix, etc., secondes de temps. Ils se transportent des nuages à la terre avec assez de lenteur pour que l'œil les suive nettement dans leur marche et apprécie leur vitesse. Les espaces qu'ils embrassent sont *circonscrits*, *nets, définis*, et d'une forme qui doit peu différer de celle de la sphère, car, de loin, en projection, ces espaces semblent des cercles de lumière.

La forme sphérique que je viens d'attribuer à certains éclairs, ou, si l'on aime mieux, à certaines masses lumineuses qui, dans des temps d'orage, traversent en divers

sens et avec des vitesses plus ou moins grandes, l'espace compris entre les nuages et la terre, apparaît trop rarement aux regards des observateurs pour que des citations ne soient pas ici indispensables, Je me ferai même d'autant moins scrupule de les multiplier, que ces *globes de feu* sont aujourd'hui une pierre d'achoppement pour les météorologistes théoriciens de bonne foi, et qu'ils me paraissent devoir servir à expliquer comment, dans quelques circonstances, très-rares il est vrai, de bons paratonnerres ont été inefficaces.

Avant d'aller plus loin, j'aborderai une objection dont ne manqueraient pas de se prévaloir tous ceux (et le nombre en est grand) qui subordonnent l'admission d'un fait, à la possibilité de le rattacher aux théories connues. Cette objection, la voici :

Ces globes de feu que vous enregistrez, ont-ils existé réellement? La forme qu'on leur a attribuée n'était-elle pas le résultat d'une illusion d'optique? Un éclair de la première classe, en le supposant cylindrique, ne doit-il pas, s'il est exactement dirigé vers l'œil d'un observateur, lui paraître circulaire, ou du moins globulaire?

Cette objection aurait quelque gravité, si la forme sphéroïdale ne s'était jamais manifestée qu'à ceux qui, se trouvant *exactement* sur le chemin de l'éclair, devaient en être frappés. Mais un observateur placé en dehors de la route de l'éclair; un observateur qui l'aperçoit transversalement, qui le voit tomber sur une maison voisine ou éloignée, ne peut lui attribuer la forme d'un globe que s'il est globulaire en effet. Ces dernières circonstances de position se sont presque toujours rencontrées dans les

exemples qui suivent. L'objection ne mérite donc pas de nous occuper davantage.

CHAPITRE VI.

ANCIENS EXEMPLES D'ÉCLAIRS DE LA TROISIÈME CLASSE OU GLOBES DE FEU.

§ 1er.

M. Deslandes recueillit avec un soin infini, pour le transmettre à l'Académie, tout ce qu'on avait observé en Bretagne, pendant le célèbre orage de la nuit du 14 au 15 avril 1718. A Couesnon, près de Brest, sur les décombres mêmes de l'église entièrement détruite, on s'accordait à attribuer la catastrophe « à *trois globes de feu*, de plus d'un mètre de diamètre chacun, qui, s'étant réunis, avaient pris leur direction vers l'église, d'un cours très-rapide. »

§ 2.

En mars 1720, pendant l'orage le plus violent, un *globe de feu* tomba à terre près de Horn. Après avoir *rebondi*, ce globe alla frapper le dôme de la tour et y mit le feu.

§ 3.

Le 3 juillet 1725, un orage ayant fondu sur le territoire d'Aynho, dans le Northamptonshire, le tonnerre tua un berger et cinq moutons. Au plus fort de la bourrasque, le révérend Jos. Wasse *vit un globe de feu* gros comme la lune, *et entendit* le sifflement qu'il produisait dans l'atmosphère en passant au-dessus de son jardin. Une autre

personne située en plein champ aperçut, pendant le même orage, *un globe de feu*, gros comme la tête d'un homme, qui éclata en quatre morceaux près de l'église.

§ 4.

Un coup de foudre endommagea fortement une maison de Darking (Surrey), le 16 juillet 1750. Tous les témoins de l'événement déclarèrent qu'ils avaient vu dans l'air, de *grosses boules de feu* (*large balls of fire*) autour de la maison foudroyée. En arrivant à terre ou sur les toits des maisons, ces boules se partagèrent en un nombre prodigieux de parties qui se dispersèrent dans toutes les directions imaginables.

§ 5.

Dans la relation d'un orage qui, en décembre 1752, fit beaucoup de dégâts près de Ludgvan (Cornouailles), M. Borlase dit qu'on aperçut à plusieurs reprises des *boules de feu* parfaitement distinctes, se précipiter des nuages vers la terre.

§ 6.

En janvier 1770, la foudre tomba sur la tour de Schemnitz (Hongrie). Elle avait la forme *d'un globe* et la grosseur d'un tonneau.

§ 7.

Un soir, à l'île de France, en 1770, les nuages, comme on pouvait en juger par les montagnes du port, descendirent jusqu'à la faible hauteur de 400 mètres. La pluie fut très-abondante. « Il éclairait beaucoup, mais les éclairs,

dit l'académicien Le Gentil, loin de ressembler aux éclairs ordinaires, n'étaient autre chose que *de très-gros globes de feu* qui paraissaient subitement et disparaissaient de même sans explosion.

§ 8.

Le 20 juin 1772, pendant qu'un orage grondait sur la paroisse de Steeple-Aston (Wiltshire), on vit dans les airs *un globe de feu osciller* pendant assez longtemps au-dessus du village, et se précipiter ensuite verticalement sur les maisons, où il produisit beaucoup de dégâts.

§ 9.

Il serait difficile d'invoquer un meilleur témoignage que celui dont je vais m'appuyer à l'égard d'un phénomène observé le 1er mars 1774, près de Wakefield, et qui me semble devoir être rangé parmi ceux dont nous nous occupons ici.

A la suite d'un violent orage, lorsqu'il ne restait plus dans tout le ciel que deux nuages peu élevés au-dessus de l'horizon, M. Nicholson voyait à chaque instant des *météores*, semblables à ceux qu'on appelle *étoiles filantes*, descendre du nuage supérieur au nuage inférieur.

§ 10.

En septembre 1780, avant le coup de tonnerre qui le renversa et tua deux de ses domestiques, M. James Adair, d'East-Bourn (Sussex), *avait vu plusieurs globes de feu* (*several balls of fire*) tomber d'un gros nuage noir dans la mer.

§ 11.

La foudre qui, le 18 août 1792, tomba sur la maison de M. Haller, à Villers-la-Garenne, avait traversé le village sous la forme d'*un globe de feu.*

§ 12.

Le 14 février 1809, le vaisseau de ligne le *Warren Hastings*, qui peu de jours auparavant avait été lancé à la mer à Portsmouth, fut foudroyé *trois fois* dans un intervalle de temps assez court. Chaque fois la foudre se porta vers les mâts du navire, sous la forme d'*un globe de feu.*

§ 13.

Je lis, dans l'ouvrage d'Howard sur le climat de Londres, qu'en avril 1814, *un globe de feu* s'élança, à Cheltenham, des nuées orageuses sur une meule de foin, et la perça d'outre en outre.

§ 14.

Des *globes lumineux* se montrent plus fréquemment encore au milieu des orages volcaniques que pendant les orages ordinaires. Durant les éruptions du Vésuve de 1779 à 1794, Hamilton et d'autres observateurs en virent à plusieurs reprises de très-considérables qui, après s'être élancés de l'épais nuage de cendres, éclataient en l'air comme les bombes de nos feux d'artifice au milieu desquelles on a placé des serpenteaux. Les flammes que ces globes projetaient dans tous les sens au moment de leur explosion, se mouvaient toujours en zigzag.

§ 15.

Aux masses globulaires lumineuses parfaitement définies sur toute la circonférence, je puis faire succéder la citation de celles qui, laissant le long de leur chemin des parcelles enflammées, ont quelque ressemblance avec les fusées de nos feux d'artifice.

Ainsi, Schübler, dont le nom est si bien connu des météorologistes, fait mention d'éclairs, observés par lui-même, qui offraient l'apparence d'un courant de feu gros comme le bras, terminé par une *boule* plus large et plus brillante.

Kaemtz, m'assure-t-on, a vu diverses fois le même phénomène[1].

§ 16.

Les citations qui précèdent appartiennent toutes à des phénomènes observés en plein air. Elles pourraient être beaucoup plus nombreuses si je suivais la foudre dans les édifices, car c'est alors qu'on la voit prendre plus ordinairement la forme d'un globe de lumière; je me bornerai toutefois à quelques faits dont l'authenticité ne paraît pas douteuse.

Peu de temps après l'entrée de Philippe V à Madrid, la foudre tomba sur le palais. Les personnes réunies en ce moment dans la chapelle royale, y virent entrer deux *boules* de feu. L'une de ces boules se subdivisa en plu-

1. Le professeur Muncke rapporte qu'un éclair descendant verticalement, qui paraissait avoir une soixantaine de mètres de long, transforma sous ses yeux en un grand nombre de petites boules.

sieurs autres qui, avant de se dissiper, *bondirent* à plusieurs reprises comme des balles élastiques.

Le 7 octobre 1711, un volumineux *globe de feu* tomba, pendant un orage, au milieu des habitants de Sampford-Courtney (Devonshire), qui se tenaient sous le porche de l'église. Au même moment, quatre pareils globes, mais gros comme le poing seulement, éclataient dans l'église même et la remplissaient de feu et d'une fumée sulfureuse. Un des pinacles de la tour fut rasé du même coup.

§ 17.

Le jour même (1772) où, pendant un orage, on observait au-dessus de Steeple-Aston le globe de feu oscillant dont il a été question plus haut (§ 8), les révérends MM. Wainhouse et Pitcairn, qui se trouvaient dans une pièce du presbytère, virent tout à coup apparaître à la hauteur de leur figure et à environ un pied de distance, *un globe de feu* de la grosseur du poing. Ce globe était entouré d'une fumée noire. En éclatant, il fit un bruit comparable à celui d'un grand nombre de pièces de canon qui partiraient à la fois. Une vapeur fortement sulfureuse se répandit aussitôt après dans toute la maison; M. Pitcairn était dangereusement blessé. Son corps, ses habits, ses souliers, sa montre, présentaient tous les signes qu'amène un coup de foudre ordinaire. Des lumières de différentes couleurs remplissaient l'appartement et éprouvaient les plus vifs mouvements d'oscillation.

(Je dois dire, quoique cette circonstance ait peu de liaison avec l'objet de ce chapitre, que M. Pitcairn pré-

tendit avoir vu le globe de feu dans l'appartement, une ou deux secondes *après* qu'il s'était senti foudroyé.)

§ 18.

Le graveur Solokoff déclara que l'éclair sous l'action duquel périt le physicien Richmann, en 1752, avait la forme d'*un globe*.

§ 19.

En 1809, le tonnerre s'introduisit, par la cheminée, dans la maison de M. David Sutton, à Newcastle-sur-Tyne. Après l'explosion, plusieurs personnes virent par terre, à la porte même du salon où elles se trouvaient réunies, un *globe de feu* immobile; ce globe s'avança ensuite jusqu'au milieu du salon, se divisa en plusieurs fragments qui eux-mêmes firent explosion comme les étoiles d'une fusée.

§ 20.

En cherchant, plus tard, l'explication de la forme sphéroïdale que la matière de la foudre affecte dans certaines circonstances, nous aurons probablement à nous demander si cette forme s'engendre jamais sur la mer. Pour répondre d'avance à cette question, je dirai que le 13 juillet 1798, le navire le *Good-Hope* de la Compagnie des Indes, se trouvant par 35° 40′ de latitude sud et 42° de longitude orientale, fut frappé par un *éclair globulaire* (*lightning of globular form*) qui produisit la plus violente détonation, tua raide un matelot et en blessa grièvement un autre.

CHAPITRE VII.

ÉCLAIRS EN BOULE.

Lorsqu'en 1837, je fus amené, en rédigeant pour l'annuaire du bureau des Longitudes une Notice sur la foudre, à signaler les éclairs ou tonnerres en boule, si remarquables en outre par la lenteur de leur mouvement, je ne pouvais citer à l'appui de cette distinction qu'un très-petit nombre de cas bien constatés, et qui sont réunis dans le chapitre précédent. Depuis, les choses ont bien changé, l'attention ayant été appelée sur cette forme extraordinaire du météore : j'ai reçu des relations circonstanciées entre lesquelles je n'éprouverai plus que l'embarras du choix.

Rappelons d'abord trois faits déjà cités en 1837 et qui, en y réfléchissant, me semblent pouvoir être rangés dans la classe des phénomènes dont il doit être question dans ce chapitre.

§ 1er.

Dans une lettre à Vallisnieri, en date du 10 septembre 1713, Maffei rapporte, en effet, que s'étant arrêté peu de temps auparavant au château de Fosdinovo, sur le territoire de Massa-Carara, pendant un orage et une pluie en quelque sorte diluviale, il fut reçu par la maîtresse du château dans une salle du rez-de-chaussée ; que, là, lui et le marquis de Malaspina virent subitement apparaître à la *surface du pavé*, un feu (*un fuoco*) très-vif, d'une lumière en partie blanche et en partie azurée ; que ce feu semblait fortement agité, mais sans mouvement progres-

sif; qu'il se dissipa comme il était né, je veux dire tout à coup, mais après avoir acquis un grand volume.

A ce dernier moment, Maffei sentit derrière son épaule, de bas en haut, un chatouillement particulier; des plâtras détachés de la voûte de la salle tombèrent sur sa tête; enfin, il entendit un craquement, un bruit, qui était différent, toutefois, du roulement habituel de la foudre.

Refuse-t-on de ranger le météore lumineux et l'explosion de Fosdinovo parmi les phénomènes de la foudre? Maffei dira, dans une lettre à Apostolo Zeno, que le 26 juillet 1731 le coup de foudre qui se manifesta à Casalaone par un bruit comparable à celui d'une canonnade, qui frappa la tour principale, qui en détacha l'écusson portant les armes de la ville, qui fit tomber aussi un certain nombre de moulures en pierres, etc., avait été *précédé*, sur la place, de l'apparition d'un grand feu (*gran fuoco*) à une très-petite distance du sol. Ce fait n'avait pas eu pour témoin un homme de science connu: il n'était appuyé que du témoignage des habitants de la place de Casalaone. Maffei n'a donc garde d'oublier que l'abbé Girolamo Lioni da Ceneda dit avoir vu lui-même, près de Venise, à deux coudées de terre, une flamme d'une extrême vivacité s'élever, disparaître, et qu'immédiatement après on entendit un bruit épouvantable.

Passons à une observation de l'auteur de l'*Histoire naturelle de l'air et des météores*, qui n'est pas moins circonstanciée que celle de Maffei:

« Le 2 juillet 1750, me trouvant à trois heures après midi, pendant un orage, dans l'église Saint-Michel de Dijon, je vis tout à coup, dit l'abbé Richard, paraître

entre les deux premiers piliers de la grande nef, une flamme d'un rouge assez ardent qui se soutenait en l'air à trois pieds (un mètre) du pavé de l'église. Cette flamme s'éleva ensuite à la hauteur de douze à quinze pieds (4 à 5 mètres) en augmentant de volume. Après avoir parcouru quelques toises en continuant de s'élever en diagonale, à la hauteur à peu près du buffet de l'orgue, elle finit, en se dilatant, par un bruit semblable à celui d'un canon que l'on aurait tiré dans l'église même. » (*Histoire naturelle de l'air et des météores*, t. VIII, p. 291.)

§ 2.

M. Cusarens m'écrit que, pendant un violent orage qui éclata dans le mois de septembre 1823, il vit un tonnerre en boule aller frapper un arbre et produire les phénomènes ordinaires de la foudre, sans oublier l'odeur qui accompagne ordinairement les explosions du météore.

§ 3.

M. Steinmein, dans une lettre qu'il m'a adressée, me communique une observation, faite à Altona en 1826, d'un coup de tonnerre en boule. Voici sa relation :

« C'était, je crois, en 1826 qu'un coup de foudre éclata sur la maison d'un de mes amis et collègues, à Altona, où je pratiquais alors la médecine; la maison est située sur une hauteur d'environ 30 à 40 mètres au-dessus du niveau de l'Elbe. Mon ami, le docteur Van der Smissen, se promenait dans son salon, lorsqu'un coup de foudre se fit entendre; au moment même, une masse ignée apparut sur le plancher de la chambre, courut en forme de balle

ovale de la dimension d'un œuf de poule, près de la muraille le long de la planche, qui avait un enduit de vernis, comme c'est l'ordinaire dans notre ville. La balle courait vers la porte avec la vitesse d'une souris : là, éclatant de nouveau, elle sauta sur la rampe de l'escalier conduisant au rez-de-chaussée, et disparut sans traces de destruction, comme elle était venue. »

§ 4.

Voici une description d'un tonnerre en boule que j'ai reçue de M. Hapouèle, propriétaire instruit du département de la Moselle :

« Vers les deux heures d'une journée de l'été de 1837, que je ne puis préciser, j'étais devant la porte de mes écuries, abritée par un avant-toit, ayant devant moi, à une certaine distance, une maison d'habitation dont la porte était ouverte. Entre ce bâtiment et la place que j'occupais, il y avait une vaste mare de fumier.

« Tout à coup, et par un épouvantable éclat de tonnerre, je vis descendre, dans une direction un peu oblique et vers le milieu du tas de fumier, à 12 mètres de moi, une boule lumineuse de la grosseur d'une belle orange. Je croyais la voir pénétrer dans le fumier; mais, arrivée à un mètre de distance, elle prit une direction parfaitement horizontale parallèle au sol et vers la porte qui venait d'être fermée à l'instant par ma femme.

« Arrivée à 15 mètres de la maison, la boule électrique, reprenant la même obliquité qu'elle avait en descendant, remonta vers les nuages en passant à un demi-mètre de

la corniche voisine du toit; à 50 mètres de hauteur, je la perdis de vue. »

§ 5.

M. Butti, peintre de *marine* de l'impératrice d'Autriche, m'a adressé de Trieste la communication suivante :

« Dans l'année 1841, et, si ma mémoire ne me trompe, au mois de juin, j'étais à Milan, logé au second, dans l'hôtel de l'Agnello, dans une chambre qui donnait sur la Corsia dei Servi. C'était dans l'après-midi, vers six heures; la pluie tombait à torrents, les éclairs illuminaient les pièces les plus sombres, mieux que ne fait le gaz chez nous. Le tonnerre éclatait de temps en temps avec un bruit épouvantable. Les fenêtres des maisons étaient fermées, la rue était déserte, car, comme j'ai dit, la pluie tombait à verse et la voie publique était convertie en un torrent. J'étais assis tranquillement, fumant mon cigare et regardant de loin par ma fenêtre ouverte la pluie qui, illuminée de temps en temps par le soleil, se dessinait en fils d'or, lorsque j'entendis dans la rue plusieurs voix d'enfants et d'hommes qui disaient : *Guarda, guarda* (regardez, regardez); et, en même temps, j'entendis le bruit de quelques souliers ferrés. Habitué depuis une demi-heure au silence humain, le bruit dont je parle éveilla mon attention; je courus à la fenêtre, et tournant la tête du côté d'où venait le bruit, c'est-à-dire à droite, la première chose qui frappa mes yeux, fut un globe de feu qui marchait au milieu de la rue et au niveau de ma fenêtre, dans une direction non pas horizontale, mais sensiblement oblique.

« Huit ou dix personnes du peuple, continuant à crier : *Guarda, guarda,* les yeux fixés sur le météore, l'accompagnaient en marchant dans la rue d'un pas que les soldats nomment le pas accéléré. Le météore passa tranquillement devant ma fenêtre, et m'obligea à tourner la tête du côté gauche pour voir comment finirait son caprice. Après un moment, craignant de le perdre de vue derrière les maisons qui sortaient de la ligne de celle dans laquelle j'étais logé, je descendis en hâte dans la rue, et j'arrivai encore à temps pour le voir et me joindre aux curieux qui le suivaient. Il marchait toujours aussi lentement; mais il s'était élevé, car j'ai déjà dit qu'il allait obliquement ; de manière que, après trois minutes encore de marche toujours montante, il alla heurter la croix du clocher de l'église *dei Servi*, et disparut. Sa disparition fut accompagnée d'un bruit sourd comme celui que peut faire un canon de 36 ouï à la distance de 25 kilomètres avec un vent favorable.

« Pour donner une idée de la grandeur de ce globe igné, de sa couleur, je ne puis que le comparer à la lune, telle qu'on la voit se lever sur les Alpes, pendant les mois d'hiver et par une nuit claire, comme je me rappelle l'avoir vue quelquefois à Inspruck, dans le Tyrol, c'est-à-dire, d'un jaune rougeâtre, avec quelques taches plus rouges encore. La différence est qu'on ne voyait pas des contours précis dans le météore, comme on les voit dans la lune ; mais qu'il semblait enveloppé dans une atmosphère de lumière dont on ne pouvait pas marquer la limite précise. »

§ 6.

M. Babinet a communiqué à l'Académie des sciences, le 5 juillet 1852, la Note suivante :

« L'objet de cette note est de mettre sous les yeux de l'Académie un des cas de foudre globulaire que l'Académie m'avait chargé de constater il y a quelques années (le 2 juin 1843), et qui avait frappé non en arrivant, mais en se retirant, pour ainsi dire, une maison située rue Saint-Jacques, dans le voisinage du Val-de-Grâce. Voici, en peu de mots, le récit de l'ouvrier dans la chambre duquel le tonnerre en boule descendit pour remonter ensuite. Après un assez fort coup de tonnerre, mais non immédiatement après, cet ouvrier, dont la profession est celle de tailleur, étant assis à côté de sa table et finissant de prendre son repas, vit tout à coup le châssis garni de papier qui fermait la cheminée s'abattre comme renversé par un coup de vent assez modéré, et un globe de feu gros comme la tête d'un enfant sortir tout doucement de la cheminée et se promener lentement par la chambre, à peu de hauteur des briques du pavé. L'aspect du globe de feu était encore, suivant l'ouvrier tailleur, celui d'un jeune chat de grosseur moyenne pelotonné sur lui-même et se mouvant sans être porté sur ses pattes. Le globe de feu était plutôt brillant et lumineux qu'il ne semblait chaud et enflammé, et l'ouvrier n'eut aucune sensation de chaleur. Ce globe s'approcha de ses pieds comme un jeune chat qui veut jouer et se frotter aux jambes, suivant l'habitude de ces animaux; mais l'ouvrier écarta les pieds, et par plusieurs mouvements de précaution, mais

tous exécutés, suivant lui, très-doucement, il évita le contact du météore. Celui-ci paraît être resté plusieurs secondes autour des pieds de l'ouvrier assis qui l'examinait attentivement, penché en avant et au-dessus. Après avoir essayé quelques excursions en divers sens, sans cependant quitter le milieu de la chambre, le globe de feu s'éleva verticalement à la hauteur de la tête de l'ouvrier, qui, pour éviter d'être touché au visage, et en même temps pour suivre des yeux le météore, se redressa en se renversant en arrière sur sa chaise. Arrivé à la hauteur d'environ un mètre au-dessus du pavé, le globe de feu s'allongea un peu et se dirigea obliquement vers un trou percé dans la cheminée, environ à un mètre au-dessus de la tablette supérieure de cette cheminée.

« Ce trou avait été fait pour laisser passer le tuyau d'un poêle qui, pendant l'hiver, avait servi à l'ouvrier. Mais, suivant l'expression de ce dernier, le tonnerre ne pouvait le voir, car il était fermé par du papier qui avait été collé dessus. Le globe de feu alla droit à ce trou, en décolla le papier sans l'endommager, et remonta dans la cheminée; alors, suivant le dire du témoin, après avoir pris le temps de remonter le long de la cheminée, *du train dont il allait*, c'est-à-dire assez lentement, le globe, arrivé au haut de la cheminée, qui était au moins à 20 mètres du sol de la cour, produisit une explosion épouvantable, qui détruisit une partie du faîte de la cheminée et en projeta les débris dans la cour; les toitures de plusieurs petites constructions furent enfoncées, mais il n'y eut heureusement aucun accident. Le logement du tailleur était au troisième étage, et n'était pas à la moitié de

la hauteur de la maison ; les étages inférieurs ne furent pas visités par la foudre, et les mouvements du globe lumineux furent toujours lents et non saccadés. Son éclat n'était point éblouissant et il ne répandait aucune chaleur sensible. Ce globe ne paraît pas avoir eu la tendance à suivre les corps conducteurs et à céder aux courants d'air. »

§ 7.

Madame Espert m'a adressé, en juillet 852, la lettre suivante :

« Un feuilleton de *la Presse*, écrit dernièrement par M. Meunier, sur les effets du tonnerre en boule, m'engage à vous transmettre la relation d'un phénomène météorologique de ce genre dont j'ai été témoin.

« Je demeure cité Odiot, n° 1, au second étage, d'où j'ai la vue sur les terrains Beaujon.

« C'était au mois de juin 1849, le 16, je crois, un vendredi, à six heures trente minutes du soir, le jour même où le choléra sévissait le plus fortement à Paris.

« La température était suffocante, le ciel paraissait calme dans ce moment, mais on voyait des éclairs de chaleur de tous côtés.

« Passant devant ma fenêtre, qui est très-basse, je fus étonnée de voir comme un gros ballon rouge, absolument semblable à la lune lorsqu'elle est colorée et grossie par des vapeurs. Ce ballon descendait lentement et perpendiculairement du ciel sur un arbre des terrains Beaujon. Ma première idée fut que c'était une ascension de M. Grimm ; mais la couleur du ballon et l'heure me firent

penser que je me trompais, et pendant que mon esprit cherchait à deviner ce que cela pouvait être, je vis le feu prendre au bas de ce globe, suspendu à une hauteur de 5 à 7 mètres au-dessus de l'arbre. On aurait dit du papier qui brûlait doucement avec de petites étincelles et flammèches; puis, quand l'ouverture fut grande comme deux ou trois fois la main, tout à coup une détonation effroyable fit éclater toute l'enveloppe et sortir de cette machine infernale une douzaine de rayons de foudre en zigzag, qui allèrent de tous côtés, et dont l'un vint frapper une des maisons de la cité, le n° 4, où il fit un trou dans le mur, comme l'aurait fait un boulet de canon : ce trou existe encore; enfin, un reste de matière électrique se mit à brûler avec une flamme blanche, vive et brillante, et à tourner comme un soleil de feu d'artifice.

« Ce phénomène dura plus d'une minute. C'était un si beau spectacle, que je n'eus pas même l'idée du danger ni de la peur; je ne pouvais que m'écrier : Que c'est beau! que c'est beau!...

« Cependant la détonation avait été si forte, qu'elle avait renversé trois hommes dans la rue et jeté une vive émotion dans la cité et le quartier, comme vous pouvez croire. Ma cuisinière fut presque asphyxiée par un rayon de foudre qui passa devant sa fenêtre. La concierge laissa tomber un plat qu'elle tenait à la main, ne pouvant dire si c'était la peur ou la commotion d'un autre rayon de foudre qui descendit le grand escalier de la rue, sur le palier duquel elle se trouvait. Un autre rayon de foudre alla dans la pension de madame Loiseau, rue Neuve de Berry, où il blessa une des institutrices; et les habitants

du n° 4 se précipitèrent tout effrayés dans la cour, mais sans blessures.

« Paris retentit du bruit affreux de ce terrible coup de tonnerre ; mais peut-être suis-je la seule personne qui ait vu, par hasard, le phénomène qui se produisit ; et je ne donnerais pas pour beaucoup de n'avoir pas été témoin d'un aussi admirable et merveilleux spectacle ! »

§ 8.

A la station de Beuzeville, sur le chemin de fer de Paris au Havre, pendant un orage qui eut lieu le 17 mai 1852, à cinq heures du soir, on a observé des faits très-curieux d'un éclair en boule que je dois expliquer ici d'après une lettre de M. de Lalande, écrite sur le récit de M. Maillot, chef de la station :

« Après avoir laissé ma femme en mon lieu et place au poste du télégraphe, j'étais allé de l'autre côté de la voie montante, auprès du hangar des marchandises, pour hâter le chargement d'un wagon de plâtre qui devait être annexé, à six heures dix-huit minutes, au train mixte montant ; je vis s'avancer dans l'air, en face de nous, dans la direction sud-est, un globe lumineux, lequel ressemblait à ces bombes d'artifice dont on se sert dans les combats simulés. J'appelai à haute voix un des facteurs de ma gare pour le faire jouir de ce spectacle. Grâce à à mon avis instantané, cet homme a vu, aussi bien que moi, cette bombe lumineuse, que nous nous attendions à voir passer sur nos têtes, s'arrêter et disparaître subitement au moment où elle se trouvait au-dessus des fils du télégraphe, à vingt mètres de nous environ. La foudre

en même temps tombait dans le cimetière de Beuzeville, comme nous l'apprîmes plus tard, ce qui me porterait à croire que l'espèce de zigzag qui semblait pousser vers nous le globe lumineux n'était autre que la foudre. L'orage alla s'abattre ensuite avec plus de violence sur Criquetot-lez-Neval, où la grêle causa de grands dégâts. »

§ 9.

Je placerai encore ici un double cas de foudre observé par M. Al. Meunier, chef de bureau au ministère de l'intérieur, et qui se trouve dans une lettre adressée à M. Jamin, que ce physicien a bien voulu me communiquer :

« C'était dans le mois de juin 1852, je longeais la rue Montholon entre onze heures et onze heures trente minutes du soir, lorsque la foudre éclata avec une violence peu ordinaire à Paris. J'y fis d'abord peu d'attention et je continuai ma route; mais, vers le milieu de la rue, un éclair immense brilla tout à coup, et fut suivi presque instantanément d'un coup de tonnerre semblable à une décharge d'artillerie. Il me sembla voir une bombe énorme lancée avec violence, qui éclatait avec fraças au milieu de la voie publique. Dans le moment, cette espèce de globe qui s'avançait me fit l'effet de la lune se détachant du ciel. C'était à peu près la même dimension, et je dirai presque la même couleur. Ce coup ne ralentit pas ma marche, car je me rappelai ce qu'on dit, que lorsqu'on a vu l'éclair on n'a plus rien à craindre. Je me contentai d'enfoncer mon chapeau, que le vent ou la commotion produite par la décharge électrique avait rejeté en arrière, et je continuai sans accident jusqu'au

delà de la place Cadet. Au moment où je posais le pied sur le trottoir, je vis s'avancer un peu obliquement un nouveau globe de feu, semblable au premier, mais qui avait de plus, à la partie supérieure, une espèce de flamme rouge, qu'on peut comparer à la mèche d'une bombe, quoique un peu plus grosse. Ce globe, qui n'avait pas été précédé d'un éclair, au moins pour moi, descendit avec une effrayante rapidité, éclata dans la rue avec un bruit tel, que je n'ai jamais rien entendu de semblable, me donna une violente secousse sur le côté droit, et si violente, que je fus jeté contre la muraille. Le coup ne me parut sans doute si bruyant que parce que je me trouvais en position de le parfaitement entendre ; mais ce qui m'a surtout paru remarquable, c'est la forme sphérique du tonnerre. Mes souvenirs, à cet égard, sont des plus précis. Quant à l'accident en lui-même, il n'eut pas de suite bien fâcheuse : j'en fus quitte pour être une quinzaine de jours sans pouvoir digérer. J'ajouterai, en terminant, que ce coup de tonnerre termina l'orage, et que, le lendemain, les journaux annoncèrent que la foudre était tombée dans les environs, rue Lamartine, je crois. »

CHAPITRE VIII.

LES ÉCLAIRS S'ÉCHAPPENT QUELQUEFOIS DES NUAGES PAR LEUR SURFACE SUPÉRIEURE, ET SE PROPAGENT DANS L'ATMOSPHÈRE DE BAS EN HAUT.

Il y a dans la Styrie une montagne fort élevée, qu'on appelle le Mont Sainte-Ursule, au sommet de laquelle une église a été bâtie. Jean-Baptiste Werloschnigg, médecin,

qui visitait cette église le 1[er] mai 1700, vit se former vers *la moitié de la hauteur* de la montagne, des nuages très-épais et très-noirs, qui furent bientôt le foyer d'un grand orage. Le ciel continua à rester très-serein au sommet; le soleil y brillait du plus vif éclat. Chacun pouvait donc se croire en parfaite sûreté dans l'église, et cependant *la foudre partie du nuage inférieur* y alla tuer sept personnes à côté du docteur Werloschnigg.

CHAPITRE IX.

QUELLE EST LA DURÉE D'UN ÉCLAIR DE LA PREMIÈRE OU DE LA SECONDE CLASSE?

Cette question a plus d'importance qu'on ne l'imaginerait au premier coup d'œil. Sa solution, toute récente, repose sur des considérations assez délicates. Elles sont, du reste, empruntées en partie à un jeu d'enfant, je veux dire à cette expérience que chacun a faite ou a vu faire, et qui consiste à produire un *ruban continu de lumière*, par le mouvement rapide d'un petit charbon enflammé.

Supposons que le charbon décrive une circonférence de cercle et qu'il emploie, à faire le tour entier, *un dixième* de seconde seulement. Alors, L'EXPÉRIENCE L'A MONTRÉ, on voit une circonférence de lumière, dans laquelle l'œil le plus attentif ne découvre aucune lacune, aucune solution de continuité. On dirait que le charbon occupe simultanément tous les points de la courbe, et ces points, cependant, il les atteint dans sa marche l'un après l'autre, et il s'écoule *un dixième* de seconde entre le

moment où il quitte l'un d'eux et le moment où il y revient.

Une conséquence importante découle de cette expérience. Elle deviendra évidente si, pour un instant, on veut bien concentrer son attention sur un seul point : sur le point le plus élevé, par exemple, de la circonférence de cercle que le charbon parcourt.

Quand le charbon enflammé occupe ce point le plus élevé, les rayons de lumière qui en émanent forment son image dans l'œil de l'observateur, sur une certaine partie de la rétine. Dès que le charbon tourne, cette image doit également tourner, et cela arrive en effet, puisque le charbon se voit toujours dans sa véritable position. La première image semblerait devoir s'évanouir en même temps, la cause qui l'engendrait ayant sinon disparu, du moins changé de lieu : loin de là, le charbon a le temps de faire un tour entier, de revenir à sa première place, de reproduire dans l'œil l'image du point le plus élevé de la courbe, avant que la sensation résultant de son premier passage par le même point se soit effacée.

Les impressions que nous recevons par la vue ont donc une certaine durée. L'œil humain, du moins, est constitué de manière qu'*une sensation lumineuse ne s'évanouit qu'un dixième de seconde après la disparition complète de la cause qui l'a produite.*

Nous venons de reconnaître qu'un point rayonnant qui n'emploie qu'un dixième de seconde à faire un tour entier, donne naissance, pour notre œil, à une circonférence de cercle qui est lumineuse dans tout son contour. Il est évident que si deux, trois, dix, cent points rayon-

nants placés en ligne droite, les uns à la suite des autres, entre le premier point et le centre de *rotation*, tournent simultanément avec la même vitesse, ils donneront naissance à deux, à trois, à dix, à cent circonférences de cercle lumineuses et concentriques. Enfin, chacun comprendra que si ces divers points rayonnants mobiles sont contigus, que s'ils se touchent, que s'ils sont assez nombreux pour former dans l'état de repos une ligne de lumière continue entre le premier point et le centre de rotation, les circonférences qu'ils engendreront en tournant se toucheront aussi, et qu'aux deux, trois, dix, cent circonférences de cercle *séparées* de la précédente expérience, succédera une *surface circulaire entièrement éclairée.*

Il en est, comme on voit, de cette expérience, comme de celle que nous faisions avec des points isolés : *une ligne* lumineuse qui tourne autour d'une de ses extrémités, engendre *une surface de lumière circulaire*, quand elle revient à chacune de ses positions successives avant que se soit effacée chacune des images qu'elle avait produites dans l'œil pendant une première révolution, c'est-à-dire quand la ligne décrit la circonférence entière en *un dixième* de seconde.

Au lieu d'une seule ligne lumineuse mobile, supposons maintenant qu'il y ait quatre lignes éclairées, toutes semblables quant à l'intensité, placées rectangulairement entre elles, ou de manière qu'elles partagent la circonférence en quatre parties égales. La vitesse de rotation de l'appareil n'aura plus besoin d'être d'un tour complet par *dixième* de seconde; une vitesse *quatre fois moindre*, une

vitesse d'un tour par *quatre dixièmes* de seconde suffira à la production d'une surface circulaire qui semblera de même entièrement lumineuse.

Que faut-il, en effet, pour cette continuité d'éclat? Il faut qu'aucun point du cercle ne soit privé *de lumière réelle* pendant plus d'un dixième de seconde. Eh bien, arrêtons-nous par la pensée au moment où une des quatre lignes lumineuses est verticale. La ligne qui la suit deviendra verticale à son tour dans le quart du temps que consomme une révolution complète, dans le quart de quatre dixièmes ou dans un dixième de seconde. La troisième ligne rotative succédera de même à la seconde, dans la verticale, après un dixième de seconde, etc., etc. Ainsi, lorsque dans l'œil l'*image* verticale de la première ligne allait s'évanouir, la seconde des quatre lignes lumineuses rectangulaires de l'appareil rotatif vient la renouveler; lorsque l'*image* verticale de cette seconde ligne atteint le terme de sa durée, la troisième ligne en occupe la place; la quatrième ligne, à son tour, se trouve dans la verticale au moment où l'image de la troisième commençait à s'effacer; la première ligne, enfin, va, à point nommé, reprendre la position où d'abord nous l'avions supposée, pour remplir de sa lumière la verticale que la disparition de l'image de la quatrième ligne aurait laissée obscure.

Je viens de montrer en détail, avec trop de détails peut-être, comment quatre lignes lumineuses, placées rectangulairement et décrivant un cercle autour de leur point d'intersection en quatre dixièmes de seconde, éclairent d'une lumière en apparence continue le rayon vertical de

ce cercle. Tout le monde remarquera que les mêmes raisonnements se seraient appliqués à un rayon horizontal ou à un rayon incliné ; le mode de production de surfaces lumineuses, par la rotation de simples lignes, est donc suffisamment expliqué.

En résumé :

Une ligne *lumineuse* engendre, en apparence, une surface circulaire de lumière, *quand elle tourne assez vite autour d'une de ses extrémités, pour décrire la circonférence entière en un dixième de seconde de temps.*

Ceci est un point de fait, lié à la conformation, à la sensibilité de l'œil humain. Les choses sont ainsi, mais elles auraient pu être autrement : l'expérience seule devait faire connaître la vérité.

La vérité expérimentale une fois établie ; un *dixième de seconde* par tour étant, dans la rotation d'UNE ligne, la moindre vitesse indispensable à la production d'une aire circulaire de lumière continue, il en résulte nécessairement, mathématiquement, que les moindres vitesses de rotation avec lesquelles dix, cent, deux cents lignes également espacées entre elles produiront le même effet en tournant autour de leur commune intersection, seront dix fois, cent fois, deux cents fois moindres que dans le cas d'une ligne unique, c'est-à-dire qu'elles correspondront à une seconde, à dix ou à vingt secondes par tour entier.

Rien, dans tous nos raisonnements, n'implique que les lignes rotatives brillent d'une lumière propre. On doit donc s'attendre à observer des phénomènes identiques, soit qu'on fasse tourner des lignes lumineuses par elles-mêmes, ou des lignes lumineuses par réflexion ; il faut

seulement, dans ce dernier cas, que les lignes soient d'une telle nature, d'une telle forme, ou tellement disposées relativement à la lumière éclairante, que l'œil puisse les apercevoir *également* dans toutes les positions qu'elles prennent en tournant. Tels seraient, par exemple, *les rais plats et non polis* d'une roue en argent mat; *les rais plats et non polis* d'une roue de quelque nature qu'elle fût, couverts d'une couche de blanc de céruse, etc., les uns et les autres éclairés de face par un réverbère, par une lampe à double courant d'air, ou même par une simple bougie. Les rais n'étant pas polis, ne feraient l'office de miroir dans aucune de leurs positions. On les verrait seulement par cette sorte de lumière que les corps éclairés s'assimilent pour nous la restituer *dans tous les sens,* ou à l'état de lumière diffuse : le vermillon, avec une teinte rouge prononcée; le laiton, avec une nuance jaune évidente; l'argent mat et le blanc de céruse, avec une blancheur parfaite, etc. Un rais d'argent mat, tournant autour d'une de ses extrémités en un dixième de seconde, engendrera une surface circulaire blanche; quatre, dix, cent rais de la même matière, également espacés, produiront le même effet, s'ils tournent, respectivement en 0.4 de seconde, en 1 seconde, en 10 secondes.

Tenons-nous, un moment, à ce dernier cas : à celui où cent rais minces de métal, formant entre eux des angles égaux, donnent naissance, pour l'œil, à une surface de lumière circulaire. Cet effet commence à se manifester quand la vitesse de rotation est d'un tour par dix secondes. Une vitesse moindre ne suffirait pas; mais toute vitesse plus grande, quelque grande qu'elle fût, condui-

rait mieux encore, s'il est possible, au même résultat.

Dans le nombre infini de vitesses plus grandes que la vitesse qui est strictement nécessaire pour que les rais tournants paraissent être une surface continue, faisons un choix, afin de fixer les idées. Supposons que nos cent rais fassent un tour entier en un dixième de seconde, ce qui est une vitesse très-facile à obtenir, chaque rais emploiera alors le centième de cette quantité, ou un millième de seconde, pour aller d'une quelconque de ses positions à celle qu'occupe au même moment le rais précédent.

Retenons bien ce nombre (*un millième de seconde*), et introduisons dans notre expérience une dernière condition. Supposons que la lumière qui éclaire les cent rais de la roue tournante, que la lumière sans la présence de laquelle ces rais ne se verraient pas, puisqu'ils ne sont point lumineux par eux-mêmes, ne brille pas d'une manière continue. Admettons que tournant toujours uniformément dans l'obscurité, avec la vitesse convenue d'un tour à chaque dixième de seconde, la roue soit éclairée par une lumière qui ne se montre qu'un instant. Eh bien, c'est la longueur de cet instant, c'est la durée de l'apparition de la lumière éclairante, qui déterminera si la roue éclairée apparaîtra sous la forme d'une roue véritable ayant du centre à la circonférence des pleins et des vides, des secteurs brillants et des secteurs obscurs, ou sous la forme d'une surface continue également lumineuse partout.

Mettons, d'abord, que la lumière ne frappe la roue tournante qu'un instant *infiniment court*. Cette lumière ne saisira, n'éclairera les divers rais que *dans une seule*

de leurs positions. Chaque rais, sur cette position *unique* et spéciale, produira dans l'œil une image dont nous avons expérimentalement fixé la durée à *un dixième de seconde.* La roue tournante sera donc aperçue pendant un dixième de seconde sous sa véritable forme, et comme si elle était immobile.

Passons à une autre supposition que j'appellerai *extrême* (cette expression sera bientôt justifiée). Admettons que la lumière éclairante *ait duré un millième* de seconde.

Un *millième* de seconde est, par hypothèse, le temps que chaque rais emploie à passer d'une de ses positions à celle qu'occupe *au même moment* le rais qui le précède. Dans ce court intervalle de temps, il n'y aura donc pas à l'intérieur de la roue tournante une seule *ligne idéale* allant du centre à la circonférence ; il n'y aura pas *un seul rayon* (c'est le terme géométrique) qui, chacun à son tour, ne soit occupé par l'un ou par l'autre des rais matériels ; il n'y aura pas une de ces mille et mille positions, où les rais ne reçoivent l'action de la lumière éclairante, où ils ne doivent aller former une image dans l'œil. Ces images, qu'on se le rappelle bien, durent un dixième de seconde, c'est-à-dire cent fois plus de temps qu'il n'en faut pour que *tous les rayons géométriques* de la roue aient lancé une ligne lumineuse à l'observateur. Ainsi, dans un certain moment, toutes les lignes lumineuses en question se verront simultanément ; ainsi, la roue, quoiqu'elle se compose de vide et de plein, paraîtra une surface continue, éclairée sur tous ses points.

Si maintenant on essayait d'appliquer les mêmes con-

sidérations, au cas où la durée de la lumière serait moindre que le temps dont chaque rais a besoin pour se transporter, en tournant autour du centre de la roue, d'une de ses positions à celle qu'occupe au même moment le rais qui le précède, chacun verrait, sans difficulté, combien les résultats de l'expérience devraient être différents. Mettons, par exemple, que la durée de l'apparition de la lumière ne s'élève qu'à la moitié de la précédente; qu'elle ne soit que *d'un* DEMI-*millième de seconde.*

En *un* DEMI-*millième* de seconde, chaque rais matériel parcourt seulement la moitié de l'intervalle angulaire compris entre une de ses positions et la position simultanée du rais qui le précède. Quand la lumière se montre, chaque rais mobile est saisi, est éclairé dans une de ses positions; quand elle disparaît, chaque rais n'est encore parvenu qu'à la moitié de la course qu'il avait à parcourir pour atteindre la position du rais précédent. A l'instant *mathématique* du surgissement de la lumière, tous les rais comprenaient entre eux certains secteurs. Eh bien, il y a précisément *la moitié* de chacun de ces secteurs dans laquelle aucun rais n'a pénétré pendant la durée que nous venons d'assigner à l'apparition de la lumière. Tous ces espaces, vides de matière, n'ont pu réfléchir vers l'observateur aucun rayon de la lumière éclairante; conséquemment, la roue a dû paraître composée de la réunion d'une série de secteurs alternativement obscurs et lumineux.

Ceux qui n'ignoraient pas que la sensation engendrée dans l'œil par l'action d'une lumière quelconque dure

encore un peu de temps après que la lumière a réellement disparu, devaient, ne fût-ce qu'à raison de cette circonstance, ne pas trop espérer une solution exacte de la question posée en tête de ce long chapitre; et cependant, en définitive, l'obstacle apparent est devenu lui-même le moyen d'investigation; et nous sommes arrivés à opérer sur de simples millièmes de seconde mieux qu'on ne pourrait vraiment le faire, par les moyens habituels, sur les secondes entières. Qu'on réfléchisse un moment aux détails de l'expérience, et mon assertion ne paraîtra pas exagérée.

Je veux savoir la durée de chacun des éclairs qui sillonnent le ciel pendant une nuit obscure. En face de la région où existe l'orage, j'établis une roue en métal portant cent rais déliés. Un mouvement d'horlogerie lui donne la vitesse continue et régulière de dix tours par seconde de temps, ou d'un tour entier par dixième de seconde. Je me place en observation entre la roue et les nuées orageuses, de manière cependant à ne pas empêcher la lumière des éclairs d'arriver librement à la roue tournante. Cette roue, je ne l'aperçois pas ordinairement, puisque, par hypothèse, tout est dans l'obscurité. Un éclair se montre; à cet instant, la roue est éclairée; je dois donc la voir, et je la vois, en effet, mais dans des conditions différentes, suivant la durée de l'éclair. L'éclair n'a-t-il brillé que pendant un temps *infiniment court*, la roue se sera montrée, durant un dixième de seconde, comme *cent rais lumineux*, immobiles, et de la largeur apparente des rais véritables.

L'éclair a-t-il duré *un millième* de seconde, la roue

aura semblé être *un cercle, plein de lumière du centre à la circonférence.*

A des durées de l'éclair d'*un demi-millième de seconde*, d'*un tiers*, d'*un quart*, d'*un cinquième*, etc., *de millième de seconde*, correspondront des apparences circulaires où il y aura respectivement *un demi, deux tiers, trois quarts, quatre cinquièmes de la surface totale du cercle*, complétement privés de lumière.

En faisant la roue tournante de plus en plus grande, l'échelle superficielle des mesures deviendra tout aussi étendue, tout aussi appréciable qu'on le désirera. Ajoutons qu'en variant la vitesse de rotation, on peut même se soustraire à la nécessité d'*évaluer à l'œil* le rapport de la partie éclairée à la partie obscure; qu'on peut tout réduire à la détermination de la vitesse sous laquelle le cercle paraît entièrement éclairé. Si une vitesse de la roue d'un dixième de seconde par tour, ne donne pas lieu à un cercle *continu* de lumière, on augmente graduellement cette vitesse, de manière qu'enfin le cercle continu apparaisse. Si cet effet ne commence à se réaliser qu'au moment où la vitesse de la roue est d'un tour par *un demi* ou par *un tiers de dixième de seconde*, ce sera la preuve que l'éclair n'aura eu qu'une durée d'un *demi* ou d'un *tiers de millième de seconde*, et ainsi de même pour tous les autres nombres qu'on pourrait trouver.

Parvenus au terme de cette longue et minutieuse explication, disons qu'après avoir multiplié autant que possible les rais de la roue; qu'après avoir eu recours aux plus grandes vitesses qu'on puisse déduire avec sûreté et uniformité de l'emploi des engrenages, la roue tournante

présentée, dans des temps d'orage, aux éclairs de la première ou de la seconde classe, n'a jamais paru une surface continue; que ses rais se voyaient aussi nettement, aussi distinctement que si la roue était en repos; qu'ils ne paraissaient aucunement élargis. Nous resterons fort en deçà de la conséquence que cette expérience autoriserait, en nous bornant à dire que les éclairs les plus brillants, les plus étendus de la première et de la seconde classe, même ceux qui paraissent développer leurs feux sur toute l'étendue de l'horizon visible, n'ont pas une durée égale *à la millième partie d'une seconde de temps*[1].

CHAPITRE X.

DES NUAGES ORAGEUX SONT-ILS JAMAIS LUMINEUX D'UNE MANIÈRE CONTINUE?

L'obligation que je m'étais imposée en commençant à écrire l'histoire du tonnerre, de consulter tous les Mémoires où je soupçonnerais qu'il serait question du météore, quelque obscurs, quelque dédaignés que ces mémoires pussent être, m'a conduit à exhumer un fait dont il y a vraiment lieu de s'étonner qu'on n'ait pas mieux apprécié l'importance. Ce fait, le titre du chapitre l'indique assez, c'est l'*émission,* non pas intermittente, *mais l'émission*

1. M. Wheatstone, à qui l'on doit les ingénieuses expériences dont e viens de rendre compte, est parvenu à l'aide d'une modification très-importante de son bel appareil, à constater que l'étincelle électrique de nos machines, ne dure pas la millionième partie d'une seconde. On doit vivement désirer que ces nouveaux moyens d'investigation soient appliqués avec persévérance à l'étude des éclairs. De grandes découvertes en seront probablement le fruit.

CONTINUE *de lumière à la surface de certains nuages*; ce fait, je le trouve consigné de la manière la plus nette, à la date du 15 août 1781, dans un mémoire de Rozier, et à celle du 30 juillet 1797, dans un mémoire de Nicholson.

Le 15 août 1781, après le coucher du soleil, le ciel, à Béziers, se couvrit de nuages; à sept heures trois quarts, le tonnerre commença à se faire entendre; à huit heures cinq minutes, il était complétement nuit, et l'orage avait acquis une très-grande intensité : « C'est à ce moment, dit Rozier, qu'en examinant la direction et l'effet des éclairs, j'aperçus derrière le penchant de la colline qui d'un côté termine la vue de ma maison, un point lumineux..... Ce point *lumineux* acquit peu à peu du volume et de l'étendue; il forma insensiblement une zone, une *bande phosphorique* qui se montrait à mes yeux sous une hauteur de 3 pieds; elle finit par sous-tendre à mon œil un angle de 60 degrés.

« Sur cette première zone lumineuse, il s'en forma une seconde de la même hauteur, mais qui n'avait que 30 degrés d'étendue, c'est-à-dire la moitié de celle de la zone inférieure. Entre deux resta un vide dont la hauteur égalait celle d'une des deux zones prise séparément.....

« On remarquait, dans l'une comme dans l'autre zone, des irrégularités à peu près comme sur les bords des gros nuages blancs avant-coureurs de l'orage. Ces bords n'étaient pas tous également lumineux, quoique le centre des zones offrît une clarté uniforme. Pendant le temps que les zones avançaient vers l'est, la foudre, à trois reprises différentes, s'élança de l'extrémité de la zone inférieure, » mais sans produire de détonation appréciable.

Les zones lumineuses ne tenaient pas à la masse générale des nuages orageux ; elles étaient beaucoup plus près de terre : « Le phénomène brilla depuis huit heures cinq minutes jusqu'à huit heures dix-sept minutes (c'est-à-dire pendant près d'un quart d'heure) ; » à huit heures dix-sept minutes, un coup de vent du sud éloigna l'orage de Béziers.

Écoutons maintenant Nicholson :

« Le 30 juillet 1797, je me levai à cinq heures du matin; le ciel, excepté vers le sud, était alors couvert de nuages très-denses qui couraient avec une grande rapidité vers l'ouest-sud-ouest. Des éclairs se montraient fréquemment au nord-ouest et au sud-ouest..... Ils étaient suivis, après onze ou douze secondes, de violents coups de tonnerre. Les parties les plus basses, les plus ondulées, les plus déchiquetées des nuages, étaient constamment teintes en rouge et j'appris que cette teinte avait encore beaucoup plus de vivacité avant qu'il m'eût été possible de l'observer..... A quatre heures un quart, au moment d'une grande obscurité, on eût dit des maisons placées en face de celle où je demeure, qu'on les regardait à travers un verre bleu d'une teinte foncée; en portant les yeux au ciel, je vis les nuages d'un bleu de plomb très-intense. »

Ces deux observations, celle surtout de Rozier, car elle ne peut donner lieu à aucune équivoque, ne me semblent pas sans quelque analogie avec une remarque de Beccaria que je recommanderai aussi à l'attention des observateurs, ne fût-ce qu'à titre de conjecture ou d'objet de recherche.

« Il m'est arrivé très-fréquemment, dit le physicien de

Turin, dans des nuits entièrement obscures, particulièrement en hiver, de voir des nuages épars, s'agglomérer et former ensuite dans leur ensemble un nuage général, uniforme, à surface unie et d'une densité en apparence peu considérable. De tels nuages répandent dans tous les sens une lueur rougeâtre, sans limites définies, mais assez intense, pour qu'elle m'ait permis de lire des livres imprimés en caractères ordinaires (*mediocre carattere*). Les clartés nocturnes provenant des nuages, je les ai surtout observées dans les nuits d'hiver, entre deux averses de neige..... Quant à moi, je les attribue à la matière de la foudre (feu électrique), car c'est à elle qu'il appartient universellement de former les nuages généraux, sans ondulations apparentes. Cette matière circulant dans les vapeurs, en quantité un tant soit peu plus considérable qu'elles ne peuvent en transmettre, doit se manifester à l'état lumineux, ainsi que le constatent tant d'expériences de cabinet. S'il existe des traits de lumière très-déliés et extrêmement fréquents, dans tous les points où les vapeurs présentent de légères variations de densité, il ne saurait évidemment manquer d'en résulter une lueur générale sans limites définies.» (*Dell' Elettricismo terrestre atmosferico*, page 288.)

Voici une observation dont je dois la connaissance au célèbre directeur de l'Observatoire d'Armagh, le docteur Robinson, relative à la phosphorescence des nuages :

« Pendant ses voyages pour la détermination des lignes d'intensité magnétique en Écosse, le major Sabine resta plusieurs jours à l'ancre à Lough-Scavig, dans l'île de Sky. Cette île est entourée de montagnes nues et élevées,

parmi lesquelles on en remarque une qu'enveloppe presque toujours un nuage résultant de la précipitation des vapeurs que les vents à peu près constants de l'ouest y amènent de l'Atlantique. Ce nuage, la nuit, était lumineux par lui-même et d'une manière permanente. Plusieurs fois, M. Sabine en vit sortir, en outre, des jets semblables à ceux des aurores boréales. Il repousse bien loin l'idée que ces jets dussent être attribués à des aurores véritables, voisines de l'horizon et dont la montagne aurait dérobé la vue directe. Suivant lui, tous ces phénomènes de lumière continue et de lumière intermittente avaient leur cause, quelle qu'en puisse être d'ailleurs la nature, dans le nuage même. »

M. Robinson m'annonce qu'il a fait lui-même, en Irlande, diverses observations sur les propriétés phosphorescentes des brouillards ordinaires. Il est grandement à désirer que le savant astronome les communique sans retard au public.

Certaines matières étrangères qui se mêlent quelquefois à notre atmosphère, lui communiquent la faculté phosphorescente à un très-haut degré. Un mémoire de M. Verdeil, médecin à Lausanne, nous apprend, par exemple, que le célèbre brouillard sec de 1783 « répandait, la nuit, une lumière qui permettait de voir les objets à une certaine distance et qui s'étendait également sur tout l'horizon. Cette lumière ressemblait assez à celle de la lune lorsque, étant dans son plein, cet astre se cache derrière un nuage épais, ou que le ciel est couvert. »

Le brouillard sec de 1783 était le foyer, la cause peut-être, de fréquents orages. L'ouvrage si peu lu de Deluc,

intitulé : *Idées sur la Météorologie*, nous apprend que des nuages peuvent devenir lumineux sans qu'on ait trop le droit d'en chercher l'explication dans de petites fulgurations sans cesse renouvelées. Voici le passage du physicien genevois :

« Me retirant chez moi à Londres, vers les onze heures d'un soir d'hiver, l'air étant très-serein, sans être bien froid, n'y ayant point de clair de lune, je vis une pommelure lumineuse, formant une zone de plusieurs degrés de largeur, qui s'étendait à peu près d'orient en occident, passant à 30 ou 40 degrés du zénith du côté du sud, et atteignant presque l'horizon de part et d'autre. Je loge très-près de la campagne, ce qui me rendit facile d'observer ce phénomène dans toute son étendue, et je le fis, du moment où je commençai à l'apercevoir jusqu'à la fin. Cette espèce de nue, aussi brillante dans toute sa longueur qu'une nue mince devant la lune, cachait d'abord toutes les étoiles. Peu à peu, sa pommelure se discerna mieux, et les étoiles parurent dans les intervalles des pelotes; je les ai aperçues ensuite dans les pelotes mêmes, qui ne ressemblaient plus qu'à de la gaze; et, enfin, au bout d'environ dix minutes, elle se dissipa presque partout en même temps. Il y avait là quelque décomposition phosphorique; car d'où aurait procédé cette lumière, qui partait de toute la nue? Mais il n'y avait pas le moindre signe électrique, car tout était en repos, à l'exception d'un petit mouvement qu'avait l'ensemble de cette zone. »

Lorsqu'on a réfléchi sur l'énorme affaiblissement que les nuages font éprouver, dans certains jours d'hiver, à la lumière éblouissante du soleil, on a tout lieu d'être surpris

qu'après le coucher de cet astre, qu'à nuit close, qu'à minuit même, le ciel étant resté également couvert, il fasse assez clair, en plein champ, pour que chacun puisse se diriger et ne pas aller se heurter contre une multitude d'obstacles. Il ne paraît guère possible d'admettre que la lumière ou, si l'on veut, que la lueur diffuse dont nous tirons tant d'avantage la nuit par un ciel entièrement couvert, provienne des étoiles. Mais l'origine stellaire une fois exclue, nous n'avons plus qu'une ressource pour expliquer les faits, c'est de supposer que tous les nuages sont lumineux par eux-mêmes. Il n'y aurait entre eux de différence que du plus au moins. Au plus haut terme de l'échelle figureraient les nuages observés par Rozier. Plus bas, et à une assez grande distance, ceux de Nicholson; plus bas encore, les nuages neigeux de Beccaria. Enfin, le dernier terme de l'échelle se composerait des nuages denses, épais, dont le ciel est couvert dans les nuits les plus sombres d'hiver, et qui font cependant qu'à minuit, l'obscurité en plein air n'est jamais aussi forte que celle d'un souterrain ou d'un appartement sans fenêtres[1].

1. Nous ne voulions d'abord toucher qu'à un très-petit point d'un simple phénomène météorologique, mais telles sont les connexions nécessaires des différentes sciences, que, sans y penser et sans le vouloir, nous avons pénétré, je crois, quelque peu dans un des plus grands problèmes de la philosophie naturelle. J'appelle ainsi la question de savoir par quel artifice notre soleil brille depuis tant de siècles sans rien perdre de son éclat. Les combustions ordinaires sont inconciliables avec une pareille constance. A la longue, la matière combustible et la matière comburante auraient dû, en effet, s'épuiser. Regardons la phosphorescence comme une conséquence nécessaire de l'état gazeux et nuageux; supposons, de plus, que le soleil soit entouré d'une couche continue de nuages, et la difficulté

CHAPITRE XI.

DU TONNERRE PROPREMENT DIT, OU DU BRUIT QUE FAIT ENTENDRE LA FOUDRE QUAND ELLE S'ÉCHAPPE DES NUAGES.

A l'apparition des éclairs succèdent ordinairement, après des intervalles de temps plus ou moins longs, des bruits que tout le monde a entendus, mais sans assez remarquer peut-être les caractères divers qui les distinguent suivant les circonstances.

Lucrèce donnait, ce me semble, une idée fort exacte *de certains* éclats de la foudre, quand il les comparait à l'aigre cri du papier qui se déchire (Liv. vi).

Je n'oserais pas affirmer qu'on ait beaucoup ajouté à l'exactitude de l'assimilation, en substituant le déchirement brusque d'une forte étoffe de soie, à celui du papier ou du parchemin.

Quelquefois le bruit du tonnerre paraît clair et sec, comme celui d'un simple coup de pistolet.

Plus généralement, il est plein et très-grave. Des observateurs prétendent même qu'il devient de plus en plus grave à mesure que le retentissement se prolonge. Des musiciens exercés pourront seuls décider cette question.

disparaîtra, car les émissions phosphorescentes n'impliquent pas indispensablement une déperdition de matière. Il suffirait, peut-être, d'étendre à toute une atmosphère l'état observé par Rozier dans divers parties des nuages orageux de Béziers, pour arriver à quelque chose de ressemblant à l'éclat du soleil. Si mes conjectures étaient fondées, Nicholson se trouverait avoir saisi, à quelques minutes d'intervalle, les deux constitutions atmosphériques qui donnent naissance aux étoiles rouges et bleues.

Dans les phénomènes du tonnerre, deux circonstances semblent bien dignes d'attention : d'une part, sa longue durée; de l'autre, les diminutions et les accroissements successifs d'intensité qui se renouvellent si fréquemment pendant le retentissement d'un seul et même coup, d'une seule et même détonation. Aussi, ce n'est pas par hasard que l'expression *roulement* du tonnerre a été généralement adoptée; ce n'est pas non plus sans raison qu'on a assimilé ce roulement au bruit qu'engendre une lourde charrette qui descend rapidement un chemin très-rocailleux[1]. Nous examinerons bientôt si des échos jouent dans tout ceci le rôle principal, ou seulement un rôle secondaire. En attendant, je rapporterai ce que j'ai pu recueillir de certain sur la plus longue durée du roulement d'un tonnerre observé en pays de plaine, et *correspondant à un seul éclair.* On voudra bien donner quelque attention aux paroles que je viens de souligner; car le tonnerre, même dans nos climats, fait quelquefois entendre un bruit continu pendant des heures entières; alors les éclairs se succèdent presque sans interruption.

1. Personne ne s'étonnera, j'espère, que je dise ici comment on est parvenu, sur certains théâtres, à imiter, à l'aide de procédés très-simples, non-seulement les tonnerres éloignés qui produisent une sorte de bourdonnement presque uniforme, mais encore les éclats brusques, saccadés, par lesquels se distinguent les tonnerres voisins. L'opérateur se sert pour cela, d'une lame mince et quadrangulaire de tôle, d'un mètre de long sur un demi-mètre de large, qu'il saisit par un de ses angles entre le pouce et l'index. Il lui suffit ensuite de donner à sa main, sur elle-même, un mouvement de rotation oscillatoire, de manière que l'angle saisi soit fléchi tantôt dans un sens et tantôt dans le sens opposé. En variant la rapidité de ces alternatives, on arrive à reproduire toutes les modifications possibles du bruit du tonnerre.

Je trouve dans les registres d'observations faites à Paris, par de L'Isle, à la date :

Du 17 juin 1712, un tonnerre dont le roulement dura..... 45 secondes.

Le même jour, les plus forts résultats, après celui que je viens de rapporter, furent :

41, 36 et 34 secondes.

Dans les observations suivantes, du 3, du 8 et du 28 juillet, de L'Isle trouva au maximum des durées

de 39, de 38, de 36 et de 35 secondes.

Ceux qui n'ont point étudié les orages en météorologistes, en physiciens, ignorent peut-être que le bruit de chaque détonation n'a pas toujours son maximum d'intensité au début. Le tonnerre commence souvent par un roulement sourd, auquel succèdent de bruyants éclats, suivis eux-mêmes d'un roulement dont l'affaiblissement est rapide, mais graduel. Ce seront, pour certaines faces de la théorie, d'excellentes pierres de touche, que les évaluations numériques des intervalles compris entre les faibles commencements de certains tonnerres et leurs périodes retentissantes. Malheureusement la science en possède encore très-peu. Celles que je vais rapporter appartiennent encore à de L'Isle, dont il faut s'étonner que le travail n'ait jamais été cité.

Le 17 juin 1712, un orage gronde sur Paris;

A 0 seconde, un éclair se montre;

A 3 secondes, le tonnerre commence à se faire entendre très-faiblement;

A 12 secondes, il éclate;

A 19 secondes, il finit doucement.

Il ne s'écoula donc pas moins de 9 secondes entre le commencement du tonnerre et celui de ses éclats.

Voici un second exemple correspondant à la date du 21 juillet :

A 0 seconde, éclair;

A 16 secondes, le bruit commence faiblement;

A 26 secondes, le tonnerre éclate;

A 32 secondes, il finit doucement.

Les citations qui suivent auront sur les précédentes l'avantage de faire connaître la durée des éclats.

Le 8 juillet 1712 :

A 0 seconde, éclair;

A 11 secondes, le tonnerre commence doucement;

A 12 secondes, il éclate;

A 32 secondes, les éclats cessent;

A 50 secondes, le bruit finit doucement.

Le lecteur remarquera que la durée des éclats fut de 21 secondes.

8 juillet :

A 0 seconde, éclair;

A 11 secondes, le tonnerre commence doucement;

A 12 secondes, il éclate;

A 38 secondes, il cesse d'éclater;

A 47 secondes, il finit doucement.

La durée des éclats s'est élevée ici à près d'une demi-minute.

Je citerai encore un cas, parce qu'il nous offrira la circonstance nouvelle d'un redoublement de force pendant les éclats :

A 0 seconde, éclair ;
A 10 secondes, le tonnerre commence très-doucement ;
A 13 secondes, il éclate ;
A 20 secondes, les éclats redoublent d'intensité ;
A 35 secondes, les éclats cessent ;
A 39 secondes, le tonnerre finit doucement.

L'intensité du tonnerre, et par là j'entends celle de sa période la plus éclatante, offre d'étonnantes variations.

Le révérend William Paxton écrivait au docteur Milles, doyen d'Exeter, au sujet d'un coup de foudre qui renversa, le 2 mars 1769, l'un des *pinacles* de la tour de Buckland-Brewer, que ce coup produisit une détonation égale au moins à celle de CENT pièces de canon qui seraient parties à la fois.

D'autre part, je lis dans les notes dont je suis redevable à MM. les capitaines Peytier et Hossard, qu'aux Pyrénées, des coups de tonnerre qui partaient à côté d'eux, au milieu même des nuages dans lesquels ils étaient plongés, engendraient des bruits sourds, des bruits semblables à ceux d'une masse de poudre non comprimée qu'on enflammerait en plein air.

Les *boules fulminantes*, une des formes du tonnerre, produisent quelquefois les plus violentes détonations. Lorsqu'une de ces boules frappa le vaisseau *le Montague* en pleine mer, le 4 novembre 1749, le bruit, d'après la relation du Master Chalmers, fut celui de plu-

sieurs centaines de canons qui partiraient tous à la fois, mais il ne dura pas plus d'une demi-seconde.

Le tonnerre commence à se faire entendre un temps assez long après l'apparition de l'éclair. Tout le monde l'a remarqué, tout le monde d'ailleurs a pu le voir dans les tableaux que j'ai formés d'après les observations de de L'Isle. La cause de ce phénomène est simple; bientôt nous la discuterons en détail; ses conséquences auront d'autant plus de prix et d'utilité, que nous aurons opéré sur de plus grands ou sur de plus petits nombres; cherchons donc quels ont été, *au maximum* et *au minimum*, les intervalles observés entre un éclair et le tonnerre correspondant.

Le célèbre géomètre Lambert ne croyait pas, quant au *maximum*, que les intervalles entre l'éclair et le bruit, s'élevassent jamais à 40 secondes; mais à l'époque où il émettait cette opinion, il aurait pu trouver dans les Mémoires de de L'Isle publiés à Saint-Pétersbourg des résultats notablement supérieurs à la limite qu'il adoptait. Les observations de Paris du 2 mai 1712, donnaient :

42, 48 et 48 secondes.

Celles du 6 juin suivant :

47, 48, 48 et 49 secondes.

D'une observation du 30 avril se déduisait l'énorme intervalle de

72 secondes.

Dans les observations de Chappe, faites à Tobolsk en l'année 1761, je remarque, le 2 juillet, les nombres

42, 45 et 47 secondes.

Le 10 du même mois, je trouve

46 secondes.

Les moindres intervalles entre l'éclair et le tonnerre que j'aperçoive dans le très-petit nombre d'observations de de L'Isle, sont :

3, 4 et 5 secondes.

Les observations de Chappe donnent plusieurs fois

2 secondes.

Ces résultats nous seront peu utiles. Nous pourrions, au contraire, déduire des conséquences curieuses et théoriquement très-importantes, d'intervalles qui ne s'élèveraient qu'à une petite fraction de seconde. Des fractions de seconde sont malheureusement difficiles à évaluer et le commun des observateurs ne pense pas devoir en tenir compte. Quand le bruit succède à l'éclair à moins d'une seconde d'intervalle, on déclare, sans autre examen, les deux phénomènes simultanés, tandis qu'il faudrait alors, plus que jamais, apporter de l'exactitude dans les appréciations. Toutefois, en consultant mes propres souvenirs, je suis certain de rester dans les limites de la vérité ; je me flatte même de ne m'exposer à la dénégation d'aucun observateur exercé, si je dis que souvent l'intervalle entre l'éclair et le bruit, n'est pas d'une demi-seconde.

CHAPITRE XII.

FAIT-IL DES ÉCLAIRS SANS TONNERRE, PAR UN CIEL PARFAITEMENT SEREIN ?

Le phénomène des éclairs sans tonnerre par un ciel parfaitement serein, est trop connu, trop généralement constaté, pour qu'il soit nécessaire d'apporter, sur ce point, le témoignage d'aucun météorologiste. Qui n'a vu, qui n'a remarqué, en effet, dans nos climats, les éclairs de chaleur ? Bergman nous apprend qu'en Suède, où ils sont aussi très-communs, les campagnards les appellent *éclairs de l'orge* (*kornbleck*), parce que d'ordinaire ils se montrent en août, quand l'orge commence à mûrir.

On s'est trompé en affirmant que les éclairs de chaleur restent toujours concentrés dans le voisinage de l'horizon. Leur lumière se développe quelquefois sur toute l'étendue du ciel visible. Cette remarque ne nous sera pas inutile, quand nous rechercherons si les éclairs de chaleur existent par eux-mêmes, ou s'ils sont seulement des éclairs réfléchis.

CHAPITRE XIII.

Y A-T-IL JAMAIS DES TONNERRES SANS ÉCLAIRS ?

Sénèque assure qu'il tonne quelquefois sans qu'il éclaire. (*Quest. nat.*, liv. II, § 18.)

J'ai honte d'avouer que pour l'Europe je serai presque réduit à l'assertion de Sénèque. Les tonnerres sans éclairs, malgré les points de théorie dont ils peuvent fournir la

solution, ont peu excité l'attention des observateurs ; leurs registres n'en font jamais mention. Au surplus mes citations, en quelque lieu que je doive les prendre, ne pourront guère laisser de doute sur la généralité du phénomène.

A la date d'octobre 1751, Thibault de Chanvalon écrivait, à la Martinique, dans son registre d'observations météorologiques : « De huit jours qu'il a tonné dans ce mois, il y en a eu deux *sans éclairs.* » En novembre, je lis : « Tonnerre un seul jour ; trois coups un peu forts, mais *sans éclairs.* »

Le 19 mars 1768, près de Cosséir, sur la mer Rouge, un violent coup de tonnerre jeta l'épouvante parmi les matelots de la petite barque sur laquelle le voyageur James Bruce s'était embarqué. Ce coup de tonnerre *n'avait été précédé d'aucun éclair.*

CHAPITRE XIV.

Y A-T-IL JAMAIS, PAR UN TEMPS COUVERT, DES ÉCLAIRS SANS TONNERRE ?

Cette question doit être résolue affirmativement. Au besoin, je pourrais m'appuyer d'un témoignage bien ancien : de celui de Lucrèce. Dans le sixième livre du célèbre poëme *sur la nature des choses,* chacun peut lire (vers 216 et 217) que d'innocents éclairs s'échappent *en silence* de certains nuages, et qu'ils ne causent ni trouble ni terreur.

Les éclairs sans tonnerre, *par un temps couvert,* paraissent être communs aux Antilles. Thibault de Chanva-

lon en fait mention dans ses observations météorologiques de la Martinique. A la date de juillet 1751, je vois sur ses tableaux : « Tonnerre, six jours ; *éclairs sans tonnerre, deux jours.* » A quoi je dois ajouter que, pendant ces deux jours à éclairs sans tonnerre, le ciel était couvert.

Les observations faites à Rio-Janeiro, par Dorta, et consignées dans les Mémoires de l'Académie de Lisbonne, ne sont pas moins positives ; elles me donnènt :

En 1783......	24	jours d'éclairs sans tonnerre.
1784......	48	—
1785......	47	—
1787......	51	—

Le journal météorologique tenu en 1826, à Patna, dans l'Inde (latitude, 25° 37′ nord), par M. Lind, conduit à un résultat plus fort encore que ceux de Rio-Janeiro ; j'y trouve :

73 jours d'éclairs sans tonnerre.

Si nous avions sous les yeux les observations très-détaillées du Brésil et de l'Inde, peut-être les nombres précédents subiraient-ils quelque réduction ; peut-être trouverions-nous que dans nos énumérations de *jours d'éclairs sans tonnerre* il figure des jours sereins. Cependant, comme les tonnerres et les éclairs ne se manifestent guère que dans la saison des pluies, ces réductions ne sauraient être importantes.

Je ne puis pas terminer ce chapitre sans citer quelques exemples d'éclairs sans tonnerre empruntés aux observateurs d'Europe.

Quoique je fasse beaucoup moins de cas d'une asser-

tion générale que d'une observation particulière accompagnée de détails minutieux (et parmi ces détails, je vais jusqu'à comprendre la date et l'heure de l'observation), je dirai cependant que dans la Dissertation sur le tonnerre, couronnée en 1726 par l'Académie de Bordeaux, le père de Lozeran de Fesc parle des éclairs *extrêmement vifs* qui, pendant certains orages, s'élancent des nuages dans tous les sens et presque sans interruption, sans donner lieu à aucun bruit appréciable.

Voici, maintenant, une observation de Deluc le jeune. Le 1er août 1791, après le coucher du soleil, le ciel, vu de Genève, paraissait couvert à l'ouest au-dessus du Jura. Les nuages y étaient traversés par des éclairs resplendissants, et, toutefois, aucun tonnerre ne se faisait entendre. A cela, on peut répondre qu'une distance de 12 à 20 kilomètres suffisait pour amortir entièrement le bruit des détonations. Faisons donc un pas de plus.

Les nuages du Jura s'étendirent par degrés jusqu'au zénith de Genève. « Alors il en partait encore, dit Deluc, de tels éclairs qu'ils semblaient devoir être accompagnés d'un bruit à ébranler le cerveau, et cependant on n'en entendait presque point. » Un de ces éclairs (Deluc ne dit pas que celui-là fût plus brillant que les autres) produisit, au contraire, un bruit épouvantable. Une courte ondée le suivit. « Ensuite il continua à faire des éclairs; mais, ajoute Deluc, *je n'entendis plus aucun bruit.* »

Le passage suivant est emprunté aux *Meteorological observations and essays* de John Dalton :

« Kendal (Angleterre), 15 août 1791, entre huit et neuf heures du soir. Je ne me rappelle pas avoir jamais

vu à Kendal autant d'éclairs dans un si court espace de temps. On entendit *quelques tonnerres* (*some thunder*); mais ils étaient éloignés. »

CHAPITRE XV.

TONNE-T-IL JAMAIS PAR UN TEMPS PARFAITEMENT SEREIN?

Sénèque affirme que la *foudre gronde quelquefois dans un ciel sans nuages* (*Quest. nat.*, liv. I, § 1).

Anaximandre croyait aussi à ce phénomène, puisqu'il en avait cherché la cause (*Quest. nat.*, liv. II, § 18).

Lucrèce, au contraire, dit sans hésiter : « Où le ciel est serein le bruit ne se fait pas entendre. » (Liv. VI, v. 98.) Et plus loin (v. 245) : « La foudre n'est engendrée qu'au milieu d'épais nuages entassés les uns sur les autres jusqu'à d'immenses hauteurs. Elle ne naît pas sous un ciel complétement serein ou seulement voilé. »

Suétone rapporte que vers la fin du règne de Titus on entendit un coup de tonnerre par un ciel serein.

Dans la Vie de Charlemagne, par Eginhard, il est question d'un météore lumineux qui par un temps serein frappa et renversa le cheval que montait l'empereur.

Senebier parle du tonnerre des jours sereins comme d'un fait reconnu ; malheureusement il ne dit pas si sa conviction repose sur des considérations théoriques ou sur des observations directes (*Journ. de Phys.*, tom. XXX, page 245).

Volney est plus explicite. Le 13 juillet 1788, à six heures du matin, *le ciel étant sans nuages*, il entendit à Pontchartrain (à 16 kilomètres de Versailles), quatre à

cinq coups de tonnerre. *Ce ne fut qu'à* sept heures un quart qu'un nuage parut au sud-ouest. En quelques minutes tout le ciel fut couvert. Peu de temps après il tombait de la grêle grosse comme le poing. (*Du Climat des États-Unis.*)

On s'exposerait à des erreurs en allant chercher les exemples de jours sereins accompagnés de tonnerres dans les pays sujets à de forts tremblements de terre. Ces derniers phénomènes, en effet, sont souvent précédés de longs mugissements dont une illusion acoustique, encore *mal expliquée*, transporte le siége dans l'atmosphère. Voilà pourquoi je n'ai point cité les tonnerres effroyables qu'on entendit par le temps le plus beau, il y a une centaine d'années, à Santa-Fé de Bogota, et en commémoration desquels il se dit tous les ans, à la cathédrale, la messe du bruit (*la missa del ruido*).

CHAPITRE XVI.

LA FOUDRE DÉVELOPPE PAR SON ACTION, DANS LES LIEUX OU ELLE ÉCLATE, SOUVENT DE LA FUMÉE, PRESQUE TOUJOURS UNE FORTE ODEUR QUI A ÉTÉ COMPARÉE A CELLE DU SOUFRE ENFLAMMÉ.

Si je voulais citer tous les cas dans lesquels l'odeur sulfureuse s'est manifestée, je ferais ici le catalogue presque complet des coups de foudre dont on a été à même, peu de temps après l'explosion, de suivre les effets dans des appartements fermés; je me bornerai donc à quelques exemples : je citerai, en première ligne, ceux où l'odeur développée était tellement forte qu'on la sentait en plein air.

Wafer, chirurgien de Dampier, raconte qu'en traversant l'isthme de Darien les ondées qu'il éprouvait « étaient accompagnées d'éclairs et de furieux coups de tonnerre, et qu'alors l'air était infecté d'une odeur sulfureuse capable d'ôter la respiration, surtout au milieu des bois. »

Dans un autre passage de la relation de Wafer je lis : « Après le coucher du soleil (les voyageurs étaient à la belle étoile sur un monticule), il se mit à pleuvoir d'une si terrible force, qu'on aurait dit que le ciel et la terre allaient se confondre. On entendait à chaque instant d'épouvantables coups de tonnerre. Les éclairs avaient une odeur de soufre si intense, que nous en fûmes presque étouffés. »

Dans ses *Memoirs for a general history of the air,* Boyle rapporte qu'à l'époque où il habitait les bords du lac de Genève, de violents, de fréquents coups de tonnerre imprégnèrent l'air d'une odeur sulfureuse très-intense et qui manqua de suffoquer une sentinelle sur le bord même du lac.

En février 1771, à l'île de France, Le Gentil, de l'Académie des sciences, vit la foudre éclater sur un point de la campagne très-peu éloigné de la galerie où il se trouvait alors, chez le comte de Rostaing. Quatre heures après la détonation, et quoiqu'il eût beaucoup plu, Le Gentil et M. de Rostaing, en passant par hasard près du point foudroyé, sentirent une odeur de soufre très-prononcée.

Chacun a pu concevoir pourquoi j'ai placé ici en première ligne les manifestations d'odeurs sulfureuses qui s'étaient opérées en plein air; chacun comprendra, à

plus forte raison, tout l'intérêt qu'il y avait à rechercher si la foudre produit des effets analogues en mer.

Lorsque le vaisseau anglais *le Montague* fut frappé par un globe de feu, le 4 décembre 1749, avec une détonation que le master Chalmers assimila à celle qui résulterait de l'explosion simultanée de plusieurs centaines de canons, le navire répandit une si forte odeur, qu'il paraissait n'être qu'une masse de soufre (*the ship seemed to be nothing but sulphur*). A ce moment, *le Montague* se trouvait par 42° 48' de latitude nord et par 13° de longitude occidentale, *ou*, ce qui revient au même, à environ 100 kilomètres des terres les plus voisines.

Le 31 décembre 1778, à trois heures de l'après-midi, le bâtiment de la Compagnie des Indes, *l'Atlas*, est frappé de la foudre dans la Tamise. Un matelot est tué dans les hunes. Le navire paraît un instant tout en feu, mais il n'éprouve réellement aucune avarie perceptible. Seulement, il se répand partout une forte odeur sulfureuse qui dure tout le reste du jour et toute la nuit suivante.

Le New-York, paquebot de 520 tonneaux, fut frappé deux fois de la foudre dans la journée du 19 avril 1827, par 38° environ de latitude nord et 63° de longitude occidentale comptée de Paris, c'est-à-dire à une époque où sa moindre distance à la terre était de 600 kilomètres.

Au moment de la première décharge, comme le bâtiment n'avait pas de paratonnerre, il y eut de graves dégâts; cependant, la foudre ayant trouvé sur son chemin des pièces métalliques qui la conduisirent à la mer, rien ne prit feu; cela n'empêcha pas que les cabines ne s'emplissent d'épais nuages de fumée sulfureuse.

Quand la seconde explosion arriva, le paratonnerre du *New-York* était en place. Le navire fut un instant resplendissant de lumière comme la première fois, mais il n'éprouva pas de dommage sensible. Néanmoins les diverses parties du paquebot, et particulièrement la cabine des dames, se trouvèrent subitement remplies de vapeurs sulfureuses si épaisses, qu'on ne pouvait rien voir à travers.

Voici maintenant de curieux exemples d'odeurs sulfureuses constatées dans des coups de foudre qui ont frappé des maisons ou des édifices.

Lorsque, le 18 juillet 1767, le tonnerre pénétra par les tuyaux de six cheminées dans une maison de la rue Plumet, à Paris, il laissa partout une odeur suffocante qui prenait à la gorge.

Le 18 février 1770, longtemps après le coup de foudre qui jeta à terre, sans connaissance, toutes les personnes réunies pour entendre les litanies dans l'église de Saint-Kevern (Cornouailles), l'église était encore remplie d'une odeur sulfureuse presque suffocante.

A la suite du coup de foudre qui produisit beaucoup de malheurs, le 11 juillet 1819, à Châteauneuf-les-Moustiers (Basses-Alpes), l'église était remplie d'une fumée noire et épaisse qui ne permettait guère d'y marcher qu'à tâtons.

L'odeur sulfureuse se développe là même où aucun phénomène lumineux ne s'est manifesté. Je crois pouvoir tirer cette conséquence du passage suivant, extrait de la relation que m'a donnée M. Rihouet du coup de foudre qui frappa le vaisseau de ligne *le Golymin* en 1812.

« Dans la visite du navire, dit M. Rihouet, qui suivit l'accident, je me fis accompagner d'un officier et du maître canonnier. Arrivé à la grande soute à poudre de derrière, je la trouvai intacte ; mais lorsque je fis ouvrir la soute à pain qui y était attenante, il en sortit aussitôt une fumée noire et épaisse et une odeur sulfureuse qui faillirent nous suffoquer tous, quoique le maître canonnier n'eût fait qu'entr'ouvrir la porte et la refermer aussitôt. Étant entrés immédiatement dans la soute à pain, nous n'y trouvâmes, à notre grand étonnement, aucune trace de feu, mais seulement un bouleversement complet : plus de vingt milliers de biscuits avaient été remués de fond en comble, sans qu'on parvînt à découvrir aucun indice du chemin qu'avait dû suivre la matière fulminante pour parvenir dans cet endroit. »

CHAPITRE XVII.

DES MODIFICATIONS CHIMIQUES QUE LA FOUDRE FAIT SUBIR A L'AIR ATMOSPHÉRIQUE.

Après la grande et célèbre expérience dans laquelle Cavendish parvint, à l'aide d'une étincelle électrique, à réunir en acide nitrique liquide, les deux éléments gazeux dont se compose l'air que nous respirons, il n'était guère permis de douter que la foudre ne sillonne pas impunément de ses traits enflammés d'immenses étendues d'atmosphère. Peu d'années, cependant, se sont écoulées depuis l'époque où un chimiste allemand, M. Liebig, a soumis cette idée si naturelle à des épreuves décisives.

En 1827, le professeur de Giessen publia l'analyse de

77 résidus, obtenus par la distillation de 77 échantillons d'eau de pluie, recueillis dans des vases de porcelaine à 77 époques différentes. Parmi ces 77 échantillons d'eau, 17 provenaient de pluies d'orage. Eh bien, ces 17 pluies d'orage contenaient toutes de l'acide nitrique en plus ou moins grande quantité, combiné à de la chaux ou à de l'ammoniaque. Dans les autres échantillons, au nombre de 60, M. Liebig n'en trouva que 2 où il existât des traces, de simples traces, d'acide nitrique [1].

Voilà donc la matière fulminante réalisant une des plus brillantes expériences de la chimie moderne. Ces réunions subites de l'azote et de l'oxygène que l'illustre chimiste anglais opérait en vases clos, la foudre les détermine dans les hautes régions de l'atmosphère. Il y a là pour les physiciens et pour les chimistes un vaste et important sujet d'expériences. Il faudra examiner si, toutes les autres circonstances restant égales, les quantités d'acide nitrique engendrées pendant les orages ne varient pas avec les saisons, avec la hauteur, et par conséquent aussi avec la température des nuées d'où la foudre s'élance; il faudra rechercher aussi si dans les régions intertropicales, où pendant des mois entiers le tonnerre gronde chaque jour avec tant de force, l'acide nitrique créé par la foudre aux dépens des deux éléments gazeux de l'atmosphère, ne suffirait pas à l'entretien des nitrières naturelles dont l'existence, dans certaines localités où les matières ani-

1. Ceci fut imprimé pour la première fois en 1837, époque antérieure aux expériences de M. Barral. Les importantes observations de ce savant amèneront dans les conclusions auxquelles s'était arrêté le chimiste de Giessen, des modifications sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

males ne se voyaient nulle part, était pour la science une véritable pierre d'achoppement. Peut-être qu'en se livrant à ces investigations savantes, on découvrira aussi l'origine encore cachée de quelques autres substances, de la chaux, de l'ammoniaque, etc., que M. Liebig a trouvées dans les eaux provenant des pluies d'orage. Mais ne parvînt-on à éclaircir que la seule question des nitrières naturelles, ce serait déjà beaucoup de gagné. Ne voit-on pas, au surplus, tout ce qu'il y aurait de piquant à prouver que la foudre prépare, qu'elle élabore dans les hautes régions de l'air, le principal élément de cette autre foudre (la poudre à canon) dont les hommes font un si prodigieux usage pour s'entre-détruire.

CHAPITRE XVIII.

LA FOUDRE OPÈRE SOUVENT LA FUSION DES PIÈCES DE MÉTAL QU'ELLE VA FRAPPER.

§ 1er.

Ce chapitre se composerait de bien peu de lignes, s'il s'agissait d'établir seulement que la foudre met instantanément en fusion, les minces lames ou les minces fils de métal qu'elle rencontre sur sa route. Mais il importe extrêmement de connaître l'étendue de cette faculté, de rechercher quelles sont les plus grandes épaisseurs de tels ou tels métaux que la foudre ait jamais fondues, d'assigner à ce curieux phénomène, non ses limites possibles, mais ses limites observées, et cela en étendant l'investigation à tous les temps et à tous les pays.

Dans sa *Météorologie*, liv. III, chap. 1er, Aristote, après avoir fait l'énumération des diverses espèces de foudres que les anciens distinguaient, dit en parlant des effets d'une d'entre elles : « On a vu le cuivre d'un bouclier (mot à mot la cuivrure), se fondre sans que le bois (qu'il recouvrait) en fût endommagé. »

La propriété dont jouit la foudre de fondre les métaux est mentionnée aussi par Lucrèce, Sénèque, Pline. Ils citent spécialement le fer, l'or, l'argent, le bronze, le cuivre. La bizarrerie remarquée par Aristote à l'égard du bois s'était offerte aux philosophes de Rome dans des circonstances analogues. « L'argent, dit Sénèque, se fond sans que la bourse qui le contient soit endommagée..... L'épée se liquéfie dans le fourreau, qui demeure intact. Le fer des javelots coule le long du bois, et le bois ne prend pas feu. » Pline assure que « de l'or, du cuivre, de l'argent, contenus dans un sac, peuvent être fondus par la foudre, sans que le sac soit brûlé, sans que la cire qui le ferme, empreinte d'un cachet, ait été ramollie. » Lucrèce parle de la liquéfaction de l'airain.

A moins qu'on ne suppose que la puissance de la foudre se soit prodigieusement affaiblie depuis deux mille ans, nous aurons beaucoup à rabattre de ces résultats.

L'épée se liquéfie dans le fourreau ! Si par là on entend qu'un coup de tonnerre a liquéfié la masse métallique tout entière d'une large épée romaine, les observations modernes ne nous présenteront rien de semblable. Si le mot liquéfaction n'entraîne pas nécessairement l'idée d'une fusion générale ; s'il a suffi, pour qu'on l'employât,

que la lame présentât çà et là ou même dans toute son étendue, des traces d'une fusion limitée en quelque sorte à la superficie, oh! alors, le fait emprunté à Sénèque de la fusion de l'épée, même avec la circonstance singulière du fourreau resté intact, peut être confirmé par des exemples puisés dans les annales météorologiques de notre temps.

En 1781, M. d'Aussac et le cheval qu'il montait furent tués par un coup de foudre dans les environs de Castres. M. Garipuy, de l'Académie de Toulouse, ayant, après la catastrophe, examiné attentivement l'épée à poignée d'argent que M. d'Aussac portait, aperçut :

Deux petites parties fondues à la coquille de la poignée, l'une dessus, l'autre dessous;

Des marques évidentes, mais superficielles, de fusion à la pointe de la lame, sur 13 millimètres de longueur;

La fusion, à sa surface, du bout du fourreau en fer (ce morceau de fer était aussi percé d'un trou oblong dans lequel la lame plate et large du canif de M. Garipuy pouvait passer);

La fusion, à 33 centimètres de la poignée, du tranchant supérieur de la lame, sur 7 millimètres de longueur et 3 millimètres de hauteur, avec cette circonstance que, vis-à-vis de la partie fondue, le fourreau était, non pas brûlé, mais seulement percé d'un trou de 3 millimètres de diamètre.

M. de Gautran, qui, au moment de l'explosion, se trouvait à côté de M. d'Aussac et dont le cheval fut aussi tué, avait un gros couteau de chasse sur lequel M. Garipuy remarqua :

Que la petite chaîne en argent qui pendait du pommeau à la garde avait été fondue près de la garde et s'en était détachée ;

Que le pommeau avait été fondu sur une surface de 7 millimètres en carré, dans toute l'épaisseur, d'ailleurs très-peu considérable, de l'argent ;

Que le tranchant inférieur de la lame, ainsi que le bout du fourreau en argent, avaient été fondus vis-à-vis l'un de l'autre sur 3 millimètres en carré, et que, dans l'intervalle compris entre ces deux portions fondues et si rapprochées, le fourreau avait été percé et non brûlé.

Le lecteur remarquera, sans doute, que sur l'épée de M. d'Aussac la fusion du métal ne se manifesta pas seulement aux deux extrémités, c'est-à-dire aux deux points d'entrée et de sortie, mais encore dans la partie par laquelle, suivant toute apparence, la foudre se partagea entre le cavalier et le cheval.

Voilà, dans un seul événement bien authentique, bien observé, fusion d'argent, fusion de deux lames d'épée sans inflammation du fourreau. Mais la fusion des lames n'eut lieu que sur une couche superficielle peu étendue, et dont l'épaisseur, comme on est autorisé à le croire, était excessivement petite. Ces deux circonstances (la dernière surtout) une fois admises, rien de plus simple que d'expliquer, d'après les vrais principes de la propagation de la chaleur, comment les fourreaux des épées restèrent intacts, comment ils ne prirent pas feu. Une comparaison rendra même toute explication superflue.

Il n'est personne qui ayant fait passer un très-mince fil métallique au rouge-blanc en l'enfonçant dans les bords

de la flamme d'une bougie ou dans ceux de la flamme d'une lampe d'Argant, n'ait remarqué avec quelle incroyable rapidité ce fil se refroidit quand on le retire. Il ne s'écoule pas une seconde de temps entre le moment où le métal émettait une lumière resplendissante et celui où il est d'une obscurité complète. Le fil sort à peine de la flamme qu'on peut le prendre impunément entre ses doigts. Ce refroidissement serait plus rapide encore si, au lieu de rester suspendu dans l'air, le fil incandescent reposait sur une lame métallique massive à la température ordinaire, sur une lame qui lui soutirerait sa chaleur par voie de conductibilité. Mais ce fil, qu'est-il donc autre chose qu'un des éléments de la couche superficielle peu étendue, très-échauffée (fondue si l'on veut), qui recouvre subitement une masse métallique à la suite d'un coup de foudre. Cette couche se refroidissant avec une excessive rapidité, il n'y a plus lieu de s'étonner qu'elle n'ait pas enflammé le cuir ou toute autre matière analogue dont étaient formés les fourreaux de l'arme de M. d'Aussac ou des épées des anciens Romains, auxquelles Pline et Sénèque faisaient allusion.

§ 2.

Le 12 juin 1825, madame la marquise veuve de Paralez fut frappée à Cordoue par un coup de foudre qui la jeta à terre, mit le feu à son châle et brisa une chaîne en or qu'elle portait autour du cou. Des fragments de cette chaîne m'ont été donnés par M. Jose Mariano Vallejo, qui avait été lui-même témoin et en partie victime de l'événement. Je ne vois sur les chaî-

nons aucune trace manifeste de fusion. Par quel genre d'action la chaîne a-t-elle été rompue? C'est ce que je ne saurais dire[1].

§ 3.

Les expressions de Pline et de Sénèque sur la fusion d'une lame d'épée et sur celle de pièces de monnaie furent longtemps prises avec toute l'extension qu'elles comportent. On admettait que la lame d'épée tout entière avait été fondue; qu'en un clin d'œil d'épaisses rondelles de cuivre, d'or ou d'argent, étaient passées à une complète liquidité. Cela une fois admis, comment concevoir qu'un fourreau en bois eût pu rester rempli d'une lourde masse de fer incandescente sans prendre feu; que le tissu d'une bourse eût subi, sans aucune altération, le contact prolongé du cuivre, de l'argent ou de l'or en fusion? Cette difficulté, qui semblait insurmontable, conduisit Franklin à une supposition, sans doute bien étrange, mais qui était une conséquence inévitable des prémisses : il admit que la foudre avait la propriété d'opérer des fusions froides; que par son action instantanée les molécules des métaux pouvaient être amenées, sans aucun développement de chaleur, à toute la mobilité que le mot fluidité implique. Plus tard, des observations authentiques et totalement exemptes d'ambiguïté, lui firent reconnaître que sa théorie avait été établie sur un fait faux, tant il

1. Les fils de soie dorés, lorsqu'on les expose à un courant très-intense d'électricité artificielle, présentent des effets très-propres à élucider les phénomènes que nous avons en vue dans ce paragraphe. — L'or qui couvre ces fils est volatilisé sans que la chaleur rompe la soie.

est vrai que la vieille histoire de la dent d'or renferme un enseignement dont les esprits les plus éminents et les plus lucides peuvent encore tirer quelque profit.

Voici, au surplus, une des observations à l'aide desquelles il a été d'abord nettement prouvé que les fusions opérées par la foudre ne sont pas froides.

La foudre tombe le 16 juillet 1759 sur une maison du faubourg de Southwark, à Londres. M. William Mountaine va aussitôt la visiter. On lui montre la place d'un fil de sonnette qui a été fondu ; il en cherche les restes sur le parquet et les découvre principalement le long de la ligne correspondant verticalement à celle que le fil occupait sous le plafond. Ces restes se composaient de *très-petits* globules de fer, contenus dans des cavités du *bois* du parquet évidemment brûlées.

Quoique l'observation, même réduite à ce qui précède, démontre suffisamment que la fusion du fil de sonnette s'était opérée par voie d'échauffement, j'ajouterai quelques remarques. Parmi les globules extraits des cavités brûlées du parquet, il s'en trouvait de différentes grandeurs ; les plus petits, ayant subi une fusion complète, avaient pris une forme parfaitement sphérique ; les autres s'éloignaient d'autant plus de la sphéricité que leurs diamètres étaient plus grands. La chute de toutes ces particules enflammées explique très-naturellement ces paroles des domestiques qui s'étaient trouvés dans les chambres où des fils furent fondus : « Nous avons vu tomber dans l'appartement une pluie de feu ! »

Après l'explosion du tonnerre qui frappa *le New-York,* en 1827 (chapitre XVI, p. 91), le pont de ce paquebot se

trouva parsemé de globules de fer qui brûlèrent le bois du pont et celui des lisses en cinquante endroits différents, quoique en ce moment la pluie tombât par torrents et qu'il y eût presque partout de la grêle à une hauteur de six à huit centimètres.

§ 4.

Deux faits ont suffi pour prouver que la foudre fond les métaux en les rendant brûlants à la manière du feu ordinaire. Il nous faut, maintenant, ainsi que je l'ai annoncé, chercher les plus grands effets de ce genre qui aient jamais été produits. Ici les citations devraient abonder; mais le peu de précision qu'on a malheureusement apporté dans la description des dégâts résultant de la foudre nous réduira à glaner là où tout nous permettait d'espérer une riche moisson.

Je trouve dans les *Transactions philosophiques* que, d'après un rapport du capitaine anglais Dibden, la foudre en tombant, dans l'année 1759, sur une chapelle de la Martinique, réduisit une barre de fer carrée de 25 millimètres de côté, qui était plantée dans le mur, à l'épaisseur d'un fil très-mince.

Si la diminution de diamètre observée par le capitaine Dibden s'opéra, ce qui n'est nullement certain, par voie de fusion, le fait dont nous venons de parler occuperait peut-être le premier rang parmi tous ceux du même genre que les météorologistes ont recueillis de notre temps.

§ 5.

Quand le paquebot *le New-York* reçut un second coup de foudre dans la journée du 19 avril 1827, il y avait au sommet du grand mât une baguette de fer de 1 mètre 2 décimètres de long, de 11 millimètres de diamètre à sa base, et qui se terminait à l'extrémité opposée par une pointe très-aiguë.

La portion supérieure de cette baguette que le tonnerre fondit, formait :

Un cône de 3 décimètres de long et de 6 millimètres de diamètre à la base.

De la base de la baguette partait une chaîne en fer semblable à celle dont se servent les arpenteurs, unc véritable chaîne pliante de Gunter, consistant en fils de fer de 6 millimètres de diamètre, d'environ 45 centimètres de long, façonnés en crochet à leurs deux bouts, et unis par des anneaux intermédiaires. Cette chaîne allait obliquement de l'extrémité du grand mât de perroquet à la mer. Sa longueur n'était certainement pas au-dessous de 40 mètres. Après le coup de tonnerre, tout ce qui en restait, tout ce qu'on en retrouva avait à peine un mètre de long. Environ huit centimètres de cette ancienne chaîne restaient encore attachés à la base de la baguette métallique supérieure. Ce qui fut recueilli sur le pont du navire, se réduisait à deux crochets avec l'anneau intermédiaire complétement boursouflés, et à un petit fragment de chaînon.

Je commettrais un oubli impardonnable si je ne rappelais pas, sans plus de retard, en renvoyant au § 3 de

ce chapitre, comment on s'assura que les 39 mètres de chaîne avaient été fondus et non pas seulement brisés et projetés au loin dans la mer.

En résumé :

Un coup de foudre peut fondre complétement, et dans toute son étendue, une chaîne de fer de 40 mètres de long en communication avec la mer par une de ses extrémités, lorsque le diamètre des divers chaînons ne surpasse pas 6 millimètres.

§ 6.

Franklin reconnut, sur sa propre maison de Philadelphie, en 1787, qu'un coup de foudre y avait fondu une baguette conique de cuivre de 24 centimètres de long et de 8 millimètres de diamètre à la base.

Cette baguette surmontait une grosse barre de fer qui se prolongeait depuis le toit jusqu'au sol humide.

En 1754, Franklin eut l'occasion d'examiner lui-même les effets du violent coup de tonnerre qui rasa et dispersa dans tous les sens la pyramide en charpente de 21 mètres de haut dont était surmontée la tour carrée, également en charpente, du clocher de la ville de Newbury aux États-Unis. Après avoir produit cet épouvantable dégât, la foudre en arrivant au niveau supérieur de la tour carrée, suivit un fil de fer qui unissait le marteau de la cloche aux rouages de la sonnerie situés beaucoup plus bas.

Ce fil, de la grosseur d'une aiguille à tricoter et de 6 mètres de long, fut réduit en fumée, à l'exception d'un debout 5 centimètres qui, après l'accident, pendait en-

core à la queue du marteau, et d'un autre bout de même étendue qu'on trouva attaché à l'horloge. Le trajet du fil le long des parois revêtues de plâtre et de deux plafonds de la tour, était marqué par un sillon noir semblable à celui que laisse une traînée de poudre après qu'elle a pris feu. Cette sorte de peinture noire se composait, sans aucun doute, de la matière du fil réduite en molécules impalpables.

§ 7.

Le premier coup de foudre que reçut le paquebot *le New-York*, le 19 avril 1827, pendant sa traversée d'Amérique à Liverpool, fondit un tuyau de plomb de 8 centimètres de diamètre et de 13 millimètres d'épaisseur, qui allait du cabinet de toilette à la mer à travers les flancs du navire.

§ 8.

La nature procède rarement par sauts brusques. A côté de chaque effet, il y en a toujours un autre du même genre, mais quelque peu moindre, de telle sorte qu'on peut aller des plus petits aux plus grands sans solution de continuité. Affaiblissez, par la pensée, le coup de foudre qui a fondu une certaine barre métallique, et cette barre ne se fondra plus, et elle passera seulement à cet état d'incandescence et de mollesse qui permettrait à l'ouvrier forgeron de la souder à une autre barre semblablement préparée. Après un autre degré d'affaiblissement de la foudre, la barre ne subira plus qu'un certain échauffement. Une ou deux citations, et l'on pourra se convaincre que nous ne faisons pas ici une vaine théorie.

Le 20 avril 1807, le tonnerre tomba sur le moulin à vent de Great-Marton, dans le Lancashire. Une grosse chaîne en fer (*a large iron chain*) qui servait à hisser le blé, dut être, sinon fondue, du moins considérablement ramollie. En effet, les anneaux étant tirés de haut en bas par le poids inférieur, se rejoignirent, se soudèrent, de manière qu'après le coup de foudre, la chaîne était devenue une véritable barre de fer! (*A rod of iron.*)

Le phénomène observé à Great-Marton s'est reproduit, en juin 1829, au moulin à vent de Toothill (Essex). Là aussi, les anneaux d'une chaîne en fer qui servait à monter les sacs de blé, se trouvèrent soudés entre eux à la suite d'un violent coup de foudre.

§ 9.

Le 5 avril 1807, la foudre tomba sur la maison du garde du bois de Vézinet, entre Paris et Saint-Germain. Après l'événement, on trouva qu'une clé, dont quelqu'un venait de se servir, était soudée par son anneau, au clou auquel on l'avait suspendue.

§ 10.

En mars 1772, le tonnerre tomba sur une des quatre tringles de fer qui dépassent le point le plus élevé du dôme de Saint-Paul, à Londres. Suivant les vues des constructeurs, ces tringles devaient être, par l'intermédiaire de diverses autres pièces métalliques, en communication immédiate avec de larges tuyaux de métal destinés à recevoir les eaux pluviales et à les conduire sous terre. Une de ces communications était légèrement interrompue; en

bien, tout à côté de la solution de continuité, MM. Wilson et Delaval remarquèrent des effets qui les autorisèrent à croire qu'une barre de fer de 10 centimètres de large et de 12 millimètres d'épaisseur, avait acquis la chaleur rouge par l'effet du coup de foudre.

§ 11.

Pour le but que nous nous proposons, ce n'est point assez d'avoir assigné les épaisseurs de divers métaux dont les coups de foudre opèrent la fusion; la détermination des épaisseurs qui résistent ne nous sera pas moins utile.

Il y avait, dans la ville de Crémone, une tour élevée, surmontée d'une girouette, sur laquelle tomba la foudre en août 1777. La tige de cette girouette traversait un piédestal. Le marbre en fut brisé en éclats et jeté sur tous les points environnants. La girouette elle-même, malgré sa lourde masse, alla tomber à 20 pieds de la tour; elle était percée. Tout nous autorise donc à ranger ce coup de foudre parmi les plus violents de nos climats.

Eh bien, la tige en fer de la girouette, avec ses 12 millimètres de diamètre, était brisée, mais n'offrait aucune trace de fusion.

§ 12.

Le 12 juillet 1770, la foudre tomba à Philadelphie, sur la maison de M. Joseph Moulde. Le capitaine Falconer, qui était dans la maison, dit que la détonation fut d'une prodigieuse intensité. A défaut de cette déclaration, l'intensité du coup pourrait se conclure de la fusion de 15 centimètres d'une tige en cuivre (de diamètre inconnu)

qui surmontait le toit. De la tige en cuivre, la foudre passa dans une tringle ronde en fer, de 13 millimètres de diamètre, qui descendait le long du bâtiment et pénétrait en terre à la profondeur de 1 mètre 8.

Cette tringle de fer ne fut ni fondue, ni aucunement endommagée.

§ 18.

Le violent coup de foudre, déjà cité (§ 6 de ce chapitre), qui rasa et dispersa dans tous les sens la pyramide en charpente de 21 mètres de haut dont était surmontée la tour carrée de Newbury, se propagea le long de la tige en fer du pendule de l'horloge, sans la fondre.

Cette tige, cependant, n'avait que la grosseur des fortes plumes d'oie.

La conséquence à tirer de cette observation, quant à la faculté que possèdent les tringles de métal assez minces de transmettre de très-violentes décharges, serait quelque peu équivoque et sujette à discussion, si nous ne pouvions pas prouver que la foudre, dont la puissance au sommet du clocher de Newbury se trouva établie par les énormes dégâts qu'elle y occasionna, avait encore une grande force en arrivant à la tige du pendule. Or, les preuves de cette grande force ne nous manquent pas. En quittant la tige en question, la foudre, dans sa marche descendante, dégrada et lézarda la tour carrée sur beaucoup de points. Des pierres des fondations furent même arrachées et lancées à la hauteur de 8 à 9 mètres.

§ 14.

Pendant que le capitaine Cook était dans la rade de Batavia, la foudre tomba sur son navire avec tant de force, que la secousse fut comparée à celle d'un tremblement de terre. Il n'y eut, toutefois, aucun dommage appréciable ni dans le corps du bâtiment, ni dans les manœuvres; seulement, un fil de cuivre de 5 millimètres de diamètre, qui s'étendait depuis le sommet du grand mât jusqu'à la mer où il plongeait, parut un moment être tout en feu.

CHAPITRE XIX.

LA FOUDRE RACCOURCIT LES FILS MÉTALLIQUES A TRAVERS LESQUELS ELLE PASSE, LORSQUE SA PUISSANCE N'EST PAS ASSEZ GRANDE POUR EN DÉTERMINER LA FUSION.

Il est probable que ce raccourcissement singulier se produit toutes les fois que la foudre n'a pas assez de force pour déterminer la fusion du fil métallique qu'elle parcourt. Je ne connais cependant qu'un fait de ce genre parfaitement constaté. C'est au célèbre artiste anglais Nairne que la science en est redevable.

Le 18 juin 1782, la foudre tomba à Stoke Newington, dans la maison de M. Parker. Par divers indices, il fut manifeste qu'elle parcourut d'abord un tuyau fixé extérieurement à la maison pour donner écoulement aux eaux pluviales; qu'ensuite elle entra dans une chambre à coucher, et que là elle suivit un fil métallique à l'aide duquel une personne pouvait, sans quitter son lit, ouvrir et fer-

mer une serrure de sûreté fixée à la porte d'entrée. Les positions qu'occupait avant et après l'événement un anneau fixé à l'extrémité du fil et qui était demeuré intact, montrèrent que ce fil s'était raccourci de plusieurs centimètres, quoique la foudre n'en eût parcouru que 5 mètres.

Ce raccourcissement une fois constaté, chacun co - prendra sans peine pourquoi des fils métalliques tendus entre des points fixes ou presque fixes, sont souvent brisés par des coups de foudre.

CHAPITRE XX.

LA FOUDRE MET QUELQUEFOIS EN FUSION CERTAINES SUBSTANCES TERREUSES ET LES VITRIFIE INSTANTANÉMENT.

§ 1er.

J'ai déjà dit (chapitre IV, p. 20) quelques mots des bulles et couches vitreuses que les géologues ont observées sur les roches les plus élevées du Mont-Blanc, des Pyrénées, de Toluca. Voici des détails plus précis[1] :

En 1787, Saussure trouva, sur la sommité du Mont-Blanc nommée le Dôme du Goûté, des masses d'amphibole schisteux, recouvertes de gouttes et de bulles noirâtres, évidemment vitreuses, de la grosseur d'un grain de

1. « Les pierres de foudre, disait l'empereur Kang-hi, sont des métaux, des pierres, des cailloux que le feu du tonnerre a métamorphosés en les fondant subitement et en unissant inséparablement différentes substances. Il y a de ces pierres où l'on distingue sensiblement une espèce de vitrification. » (*Mém. des Missionnaires*, tome IV.)

chanvre. Ces bulles lui parurent d'autant mieux devoir être considérées comme des effets de la foudre, qu'il en remarquait de semblables sur des briques qui avaient été frappées par ce météore.

M. Ramond, qui vit les mêmes phénomènes sur plusieurs cimes des Pyrénées, voulut bien jadis, à ma prière, écrire la note intéressante qu'on va lire :

« Le Pic du Midi est une montagne très-dominante et très-isolée. Son sommet a fort peu d'étendue. Il est formé d'un schiste micacé glanduleux d'une dureté extrême, divisé en tables assez épaisses, fort adhérentes entre elles, et ne se subdivisant point en feuillets, mais en parallélipipèdes obliquangles, à la manière des trapps. Sa couleur est un gris noir, un peu argenté par le mica. La foudre n'agit qu'à sa superficie, qu'elle recouvre d'un glacis d'*émail* jaunâtre, surmonté de boursouflures ou bulles, tantôt sphériques, tantôt crevées et concaves, ordinairement opaques, quelquefois demi-transparentes. Il y a des rochers dont la face entière est vernissée de cet émail, et couverte de bulles dont la grosseur atteint souvent celle d'un pois; mais l'intérieur de la roche demeure parfaitement sain : la partie fondue n'a pas plus d'un millimètre d'épaisseur.

« Le sommet du Mont-Perdu, que j'ai atteint il y a vingt ans, m'a offert le même phénomène. Celui-ci, presque entièrement couvert de neige, ne montre point de rochers continus, mais seulement des fragments de petite dimension, entassés sans ordre. C'est une pierre calcaire, bitumineuse et fétide; mais elle renferme du sablon quartzeux d'une extrême finesse, qui y est mélangé

en assez grande proportion. Plusieurs de ces fragments portent des marques évidentes de l'action de la foudre. Leur surface est chargée de bulles d'émail jaunâtre, et, comme au Pic du Midi, la fusion n'est que superficielle : elle ne pénètre pas au dedans de la pierre, malgré la petitesse de son volume; et, ce qui n'est pas moins remarquable, une chaleur qui a été capable de vitrifier la surface n'a pas enlevé à la pierre cette odeur cadavéreuse dont nous la privons si aisément, soit en la dissolvant dans un acide, soit en la chauffant un peu fortement.

« Enfin, j'ai encore vu, il y a une douzaine d'années, la surface des rochers vitrifiée et couverte de bulles par l'effet de la foudre, dans la roche Sanadoire, montagne du département du Puy-de-Dôme, formée de *klingstein porphyr*, et qui, dans mon opinion, est d'origine volcanique. La fusion est, de même, superficielle, et se manifeste par des bulles et des soufflures sur un glacis de petite épaisseur. »

MM. de Humboldt et de Bonpland ayant gravi la plus haute cime de Toluca (à l'ouest de la ville de Mexico), y trouvèrent la surface du rocher *el Frayle* vitrifiée. La roche est un porphyre trachytique rougeâtre, renfermant de grands cristaux de feldspath lamelleux et un peu d'amphibole. Les masses vitrifiées occupaient 18 décimètres carrés. L'enduit, vert d'olive, n'avait guère que 0.1 de millimètre d'épaisseur, et ressemblait à celui de quelques aérolithes. En plusieurs endroits la roche était percée et les trous offraient intérieurement la même croûte vitreuse. Le lieu dans lequel les célèbres voyageurs découvrirent ces masses est une espèce de tour rocheuse qui s'élève

perpendiculairement au-dessus de l'ancien cratère du volcan de Toluca, actuellement rempli d'eau, et dont le sommet n'a pas plus de 3 mètres de large.

§ 2.

Saussure, Ramond, M. de Humboldt, ne doutent pas que les bulles et couches vitreuses des Alpes, des Pyrénées, de la Cordillère, ne soient des effets de la foudre; mais cette opinion n'est pas le résultat d'une observation immédiate : ils y sont arrivés par voie d'exclusion; ils l'ont adoptée parce qu'aucune autre explication n'a paru satisfaire aux circonstances du phénomène. Passons donc à des faits qui ne puissent donner lieu à aucune équivoque.

Le 3 juillet 1725, la foudre étant tombée, en rase campagne, sur un troupeau, à Mixbury (Northamptonshire), tua cinq moutons et le berger. Près des pieds de celui-ci on remarqua, dans le terrain, deux trous de 12 centimètres de diamètre et de 1 mètre de profondeur. Le révérend docteur Jos. Wasse, ayant fait creuser avec soin tout autour de ces trous, on reconnut qu'ils étaient cylindriques jusqu'à la profondeur d'un demi-mètre. Après ils devenaient étroits; plus bas encore chacun se bifurquait. Dans la direction d'un des rameaux, on trouva une pierre très-dure, d'environ 25 centimètres de long, de 15 centimètres de large et de 10 centimètres d'épaisseur. Une fente récente la partageait en deux. Sa surface était vitrifiée.

§ 3.

Vers l'année 1750, la foudre tomba sur la tour des

Asinelli, à Bologne, et y produisit quelque dégât. En examinant avec attention une brique sur laquelle le coup porta particulièrement, Beccaria remarqua que la très-mince couche de mortier (sable et chaux), qui adhérait à une des faces de cette brique, avait été complétement vitrifiée sur une étendue de 8 centimètres de long et de 18 millimètres de largeur moyenne. Cette couche vitreuse était verdâtre et bien diaphane.

§ 4.

Le 3 septembre 1789, le tonnerre tomba sur un chêne, dans le parc du comte d'Aylesford, et tua un homme qui avait cherché un abri sous cet arbre. Le bâton que ce malheureux portait à la main, et qui lui servait d'appui, fut, suivant toute apparence, la principale voïe que suivit la foudre, puisque le sol, dans le point auquel le bâton aboutissait, était percé d'un trou de 13 centimètres de profondeur et de 67 millimètres de diamètre. Ce trou, examiné peu d'instants après sa formation par le docteur Withering, ne renfermait que quelques racines brûlées du gazon. Là auraient probablement fini les observations, si lord Aylesford ne s'était déterminé à faire construire une petite pyramide dans le lieu même de l'événement, avec une inscription destinée à détourner les passants de chercher, en temps d'orage, un abri sous les arbres. Mais en creusant pour les fondations, on trouva que le sol, dans la direction du trou, avait été noirci jusqu'à la profondeur de 27 centimètres; 54 millimètres plus bas, le terrain quartzeux offrait des traces évidentes de fusion. Les échantillons adressés à la Société royale de Londres

avec le Mémoire du docteur Withering se composaient :

1° D'une pierre quartzeuse dont un des angles avait été complétement fondu ;

2° D'un bloc de sable agglutiné par la chaleur, car il n'y avait aucune matière calcaire entre les grains. Dans cette masse existait une partie creuse (*hollow part*), où la fusion avait été si parfaite que la matière quartzeuse, après avoir coulé tout du long de la cavité, présentait dans le fond une forme globuleuse ;

3° De plusieurs pièces plus petites, toutes offrant quelques cavités (*all have some hollow part*).

CHAPITRE XXI.

TUBES DE FOUDRE OU FULGURITES.

On doit être actuellement assez familiarisé avec l'idée de fusions, de vitrifications opérées instantanément par la foudre, pour que je puisse aborder la question si curieuse et si vivement controversée des tubes de foudre ou fulgurites.

Les tubes de foudre avaient été découverts il y a plus de cent ans (1711), par le pasteur Herman, à Massel, en Silésie, comme le prouvent des échantillons conservés dans le cabinet minéralogique de Dresde ; c'est au docteur Hentzen qu'appartient l'honneur de les avoir trouvés de nouveau en 1805, dans la lande de Paderborn, vulgairement appelée la Senne, et d'avoir le premier indiqué leur origine. On en a depuis recueilli un grand nombre à Pillau, près de Kœnisberg, dans la Prusse orientale ; à

Nietleben, près de Halle sur Saale; à Drigg, dans le Cumberland; dans la contrée sablonneuse située au pied de Regenstein, près de Blankenburg, et au Brésil, dans les sables de Bahia.

A Drigg, les tubes ont été trouvés au milieu de buttes de sable mouvant de 13 mètres de hauteur très-voisines de la mer. Dans la Senne, on les a le plus souvent découverts sur le penchant de monticules de sable qui sont élevés d'une dizaine de mètres; quelquefois aussi dans des cavités que l'on dirait avoir été creusées dans la lande en forme de jattes de 60 à 70 mètres de circuit sur 4 à 5 mètres de profondeur. A Nietleben, le tube déterré par M. Kaserstein était sur le flanc sud-est d'une butte de sable et à mi-côte environ.

Les fulgurites sont presque toujours creux. A Drigg, leur diamètre total était de 54 millimètres. Ceux de la Senne ont, à la surface du sol, depuis un demi-millimètre jusqu'à 15 millimètres d'ouverture; ils se rétrécissent à mesure que l'on s'enfonce, et se terminent souvent en pointe. L'épaisseur des parois varie entre un demi-millimètre et 27 millimètres.

Habituellement ces tubes descendent dans le sable suivant la verticale. On en a souvent trouvé qui étaient implantés suivant des directions obliques formant avec l'horizon des angles de 40°.

Leur longueur totale dépasse quelquefois 10 mètres. De nombreuses fissures transversales les divisent en fragments dont les longueurs sont comprises entre 10 et 130 millimètres. Le sable qui entourait les tubes se dessèche et s'éboule avec le temps. On voit alors ces frag-

ments à la surface du sol, et ils y roulent au gré des vents.

Le plus ordinairement on ne trouve en creusant dans le sable qu'un seul tuyau; quelquefois aussi, parvenu à une certaine profondeur, ce tuyau principal se partage en deux ou trois branches dont chacune donne naissance à de petits rameaux latéraux qui ont depuis une trentaine de millimètres jusqu'à une trentaine de centimètres de long. Ces derniers sont coniques et terminés par des pointes qui s'inclinent graduellement vers le bas.

La paroi intérieure des tubes de foudre est un verre parfait, uni et très-brillant, semblable à l'opale vitreuse (hyalithe). Elle raie le verre et fait feu au briquet.

Tous les tubes, quelle que soit leur forme, sont environnés d'une croûte composée de grains de quartz agglutinés. Cette croûte extérieure est quelquefois arrondie; le plus souvent elle offre une série d'aspérités assez semblables, quant à l'aspect, aux rugosités dont les petites branches de l'orme de Hollande sont couvertes, ou à l'écorce crevassée qui revêt la souche des vieux bouleaux. Les irrégularités du canal vitreux correspondent à celles de la surface extérieure; on dirait que le tube en fusion a été plié en totalité dans divers sens.

Examinés à la loupe, les grains noirs et blancs qui composent la croûte extérieure des fulgurites, paraissent arrondis comme s'ils avaient éprouvé un commencement de fusion. A une certaine distance du centre les grains blancs acquièrent une teinte rougeâtre.

La couleur de la masse interne, et surtout celle des parties extérieures, dépend de la nature des couches

sablonneuses que les tubes traversent. Dans les couches supérieures qui contiennent un peu d'humus (terreau), l'extérieur des tubes est souvent noirâtre. Plus bas, ils sont d'un gris jaunâtre ; plus bas encore, d'un blanc grisâtre. Enfin, là où le sable est pur et blanc, les tubes sont aussi d'une blancheur à peu près parfaite.

Quelle est l'origine des tubes de foudre, des fulgurites? Ces tubes seraient-ils des incrustations formées autour de racines qui auraient disparu? Des stalactites ou autres productions du règne minéral? Des cellules ou loges appartenant à d'anciens habitants de la mer, de la classe des vers? Ou, enfin, des produits de la foudre?

Ces quatre suppositions ont été faites. Les trois premières disparaîtront devant une seule remarque :

A Drigg, où les monticules de sable se déplacent au gré des vents, les tubes devaient être d'une date récente, car s'ils ne sont pas étayés de tous côtés, ils se brisent au moindre choc.

Voyons, quant à la quatrième supposition, si les indices de fusion que les tubes présentent dans toute leur étendue conserveront seulement le caractère vague d'indice, ou s'ils acquerront celui de preuve décisive par des expériences minutieuses.

A Drigg, le sable dans lequel on a découvert des tubes consiste en grains de quartz, blancs ou rougeâtres, mêlés avec quelques grains de porphyre (*hornstone-porphyry*). Ces derniers grains, présentés seuls au chalumeau commun, s'y fondent aisément ; mais ils n'existent pas dans le sable en suffisante quantité pour y produire l'effet d'un fondant. Le sable en masse, traité de même, devient

d'abord rouge, passe ensuite au blanc opaque, et finit par s'agglutiner légèrement. Il ressemble alors, en teinte et en cohésion, à celui qui compose la couche extérieure des tubes fulminaires.

Ce même sable, exposé à la flamme de la lampe d'esprit-de-vin soufflée par un courant d'oxygène, suivant le procédé du docteur Marcet, donna, par une action longtemps prolongée, un émail analogue à celui qui revêt le canal intérieur des tubes. La fusion, toutefois, était imparfaite, et l'on sait cependant que la lampe du docteur Marcet fond de gros fils de platine avec un vif scintillement. Des expériences analogues, faites avec le sable de la Senne, ont donné les mêmes résultats.

A une certaine distance du centre des fulgurites, le sable de l'enveloppe, comme nous l'avons dit plus haut, a une teinte rougeâtre. Jeté dans de l'acide hydrochlorique, ce sable rouge se décolora et devint semblable à celui qu'on prenait dans les couches où il est le plus blanc et le plus pur. La liqueur ayant été décantée et soumise à la réaction alcaline, des traces de fer s'y manifestèrent.

Le sable ordinaire de la Senne, après avoir été exposé pendant quelques instants à une forte chaleur dans un creuset de platine, devenait rougeâtre et ressemblait alors à celui qui environne les tubes, avec cette différence seulement qu'il était un peu plus rouge. Quand le creuset eut atteint la chaleur rouge, la ressemblance devint parfaite.

Ce sable rougi dans le creuset de platine, étant soumis à l'action de l'acide hydrochlorique, se décolora comme le sable rougeâtre d'un tube fulminaire. La liqueur décantée

présenta les mêmes traces de fer, et, après une précipitation complète du fer, des traces de chaux.

Que manque-t-il, désormais, pour qu'il soit bien établi que les fulgurites sont engendrées par des coups de foudre ? Il manque une seule chose : la découverte d'un de ces tubes dans le point même de la région sablonneuse vers lequel on aurait vu la foudre se diriger. Eh bien, cette preuve ne nous fera pas défaut.

Le docteur Fiedler, qui a publié en Allemagne des Mémoires approfondis sur les fulgurites (*Blitz rohre*) rapporte, il est vrai sur de simples ouï-dire, les deux faits suivants :

« Un pharmacien de la colonie de Frederichsdorf, s'étant transporté sur la place où deux hommes venaient d'être foudroyés, découvrit dans le sol deux tubes tout à fait semblables aux tubes fulminaires de la Senne.

« Sur les confins de la Hollande, dans une contrée toute sablonneuse, un berger, après avoir vu tomber le tonnerre sur une butte, trouva, dans le point même vers lequel le trait lumineux lui avait paru se diriger, que le sable s'était fondu et avait coulé en forme de tube. »

Enfin, voici un fait qui tranche toute difficulté :

Le 17 juillet 1823, le tonnerre tomba sur un bouleau, près du village de Rauschen (province de Samlande, le long de la mer Baltique), et mit en même temps le feu à un buisson de genièvre. Les habitants étant accourus, virent auprès de l'arbre deux trous étroits et profonds. L'un d'eux, malgré la pluie, leur parut, au tact, être à une température élevée. M. le professeur Hagen, de Kœnigsberg, fit creuser avec soin tout autour de ces trous. Le

premier trou, celui qui fut trouvé chaud, n'offrit rien de particulier. Le second, jusqu'à la profondeur d'un tiers de mètre, ne présenta non plus rien de remarquable; mais un peu plus bas commençait un tube vitrifié. La fragilité de ce tube, conséquence inévitable de la ténuité des parois, ne permit de le retirer que par petits fragments de 4 à 5 centimètres de long. L'enduit vitreux intérieur était très-luisant, couleur gris de perle, et parsemé dans toute son étendue de points noirs.

Après un exemple où, comme le dit M. Hagen, la nature a été prise sur le fait, personne ne peut plus douter que la foudre n'ait la propriété de se frayer un chemin à travers le sable, de l'amener instantanément à l'état de fusion, et de lui donner sur la longueur énorme de 10 à 12 mètres, la forme d'un tube creux vitrifié intérieurement [1].

1. Je ne sais si je me trompe, mais il me semble qu'un fait consigné par Boyle dans ses œuvres, est encore plus extraordinaire que tous les phénomènes de fusion et de vitrification instantanée dont il vient d'être question. Ce fait le voici :

« Deux grands verres à boire tout pareils étaient l'un à côté de l'autre sur une table. La foudre pénètre dans l'appartement et paraît se diriger si exactement sur les verres, qu'on s'arrête à l'idée qu'elle a dû passer entre eux. Aucun cependant n'est cassé. Sur l'un, Boyle remarque une très-légère altération de forme; quant à l'autre, il avait été si fortement *ployé* (ce qui entraîne comme conséquence nécessaire l'existence d'un ramollissement) qu'il pouvait à peine rester debout sur sa base. »

CHAPITRE XXII.

LA FOUDRE PERCE QUELQUEFOIS DE PLUSIEURS TROUS LES CORPS QU'ELLE FRAPPE.

En 1778, dans l'automne, la foudre tomba sur la maison de l'ingénieur Caselli, à Alexandrie. Elle n'y fit de dégât appréciable que sur les vitres d'une fenêtre. Ces vitres étaient percées d'un, de deux ou de trois trous d'environ 4 millimètres de diamètre. De petites fissures en étoiles fort courtes partaient de ces trous; mais aucun des carreaux n'était fendu d'un bord à l'autre.

En août 1777, la foudre frappa le clocher de l'église paroissiale du Saint-Sépulcre à Crémone, rompit la croix en fer qui surmontait la flèche, et lança au loin la girouette en cuivre étamé recouverte d'une couche de peinture à l'huile, qui tournait immédiatement au-dessous de la croix.

La girouette se trouva percée de dix-huit trous. Les bords de neuf d'entre eux étaient très-proéminents du côté d'une des faces de la girouette ; les bords des neuf autres étaient aussi très-proéminents, mais du côté opposé.

Aucun indice ne fit supposer aux habitants de Crémone que la flèche, que la girouette, eussent reçu plusieurs décharges foudroyantes. Si, toutefois, pour expliquer la multiplicité des trous on voulait absolument recourir à des coups répétés, il faudrait, d'après les directions inverses des rébarbes, admettre neuf coups dans un sens et neuf coups, tout juste, dans le sens contraire. La manière dont

ces trous étaient groupés forcerait de supposer que, par un singulier hasard, les coups de directions opposées avaient été, par couples de deux, frapper des parties presque contiguës du métal. Enfin, l'inclinaison à peu près identique de toutes les rébarbes par rapport aux deux faces de la girouette n'impliquerait pas moins impérieusement le parallélisme des dix-huit coups.

Je me tromperais fort si la réunion de tant de conditions improbables n'amenait pas chacun à l'opinion qu'adoptèrent les physiciens auxquels on doit la première description du phénomène : à l'opinion que les dix-huit trous de la girouette de Crémone furent le résultat d'un seul et même coup de foudre.

Le 3 juillet 1821, la foudre tomba, à Genève, sur une maison située près du temple de Saint-Gervais. En recherchant minutieusement les effets qu'elle avait produits, les rédacteurs de la *Bibliothèque universelle* aperçurent plusieurs trous avec des marques de fusion évidentes dans les feuilles de fer-blanc dont l'arête inclinée du toit était revêtue. Parmi les effets de ce genre, le plus remarquable est celui qui se produisit sur une feuille de fer-blanc neuf, recourbée, qui garnissait le bas d'une cheminée à sa sortie du toit et se repliait sur la pente de ce même toit. La feuille en question se trouva percée de deux trous presque circulaires d'environ 3 centimètres de diamètre, distants l'un de l'autre de 13 centimètres à partir de leurs centres, offrant sur toute l'étendue de leurs contours de fortes bavures, mais dirigées, dans les deux trous, en sens opposés.

A propos de ces trous à rébarbes opposés produits par la foudre, je trouve, dans le *Giornale* de Pietro Confiliachi et Gaspare Brugnatelli (1827, p. 335), une observation du docteur Fusinieri, remarquable suivant moi par cette circonstance, que les trous à rébarbes ne semblent pas s'être formés dans le point que la foudre frappa en premier lieu. Voici au surplus la traduction des paroles du physicien italien :

« Le 25 juin 1827, vers les huit heurs du soir, la foudre tomba sur la maison n° 1349 de Vicence. Une gouttière horizontale de fer-blanc fut frappée la première. Ce demi-tube avait subi une lacération de 10 à 13 centimètres de long. Un tube vertical de décharge du même métal qui s'adaptait à la gouttière, était percé de trois trous. Le trou supérieur, de 27 millimètres de diamètre, n'offrait de bavure ni en dedans, ni en dehors. 16 centimètres plus bas, il existait un trou à peu près circulaire, de 13 millimètres de diamètre, avec une bavure interne. Plus bas encore, à la distance de 8 centimètres, on remarquait un trou égal au précédent, mais sa bavure était externe. »

CHAPITRE XXIII.

PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT PRODUITS PAR LA FOUDRE.

C'est une propriété de la foudre bien digne d'être étudiée, que celle en vertu de laquelle le météore transporte quelquefois au loin des masses d'un grand poids. Je vais citer ici quelques exemples de ces transports.

Dans la nuit du 14 au 15 avril 1718, un coup de foudre fit sauter le toit et les murailles de l'église de Gouesnon, près de Brest, comme aurait fait une mine. Des pierres avaient été lancées dans tous les sens, jusqu'à la distance de 51 mètres.

Le coup de foudre qui frappa jadis le château de Clermont en Beauvoisis, fit un trou de 65 centimètres de large et de 60 centimètres de profondeur, dans un mur dont la construction, suivant la tradition générale, remontait au temps de César, et qui, en tous cas, était si dur, que le pic l'entamait à peine. Les éclats provenant de ce trou se trouvèrent dispersés, en divers sens, à plus de 16 mètres de distance.

Pendant la nuit du 21 au 22 juin 1723, la foudre brisa un arbre dans la forêt de Nemours. Les deux fragments de la souche avaient, l'un 5 et l'autre 7 mètres de long. Quatre hommes n'auraient pas soulevé le premier : la foudre le jeta, cependant, à 15 mètres de distance. Le second était à 5 mètres de la première place, mais dans une direction opposée au premier fragment; son poids surpassait celui que huit hommes parviendraient à remuer.

En janvier 1762, la foudre tomba sur le clocher de l'église de Breâg, dans le Cornouailles. La tourelle (pinacle) en maçonnerie du sud-ouest fut brisée en cent morceaux et totalement démolie.

Une pierre, du poids d'un quintal et demi, avait été jetée de dessus le toit de l'église, dans la direction du sud, à la distance de 55 mètres (*sixty yards*).

On trouva une autre pierre à 364 mètres (400 *yards*)

du clocher, mais celle-ci vers le nord; une troisième était au sud-ouest.

« A Funzie, in Fetlar (Écosse), vers le milieu du dernier siècle, une roche de micaschiste, de 32 mètres de long, de 3 mètres de large et, sur quelques parties, de 1m.20 d'épaisseur, fut arrachée en un instant par un coup de foudre, et brisée en trois grands fragments, sans compter les petits. Un de ces premiers fragments, de 7m.90 de long, de 3 mètres de large et de 1m.20 d'épaisseur, avait été simplement renversé sur lui-même; le second, de 8m.50 de long, de 2m.10 de large et de 1m.50 d'épaisseur, lancé par-dessus un tertre, alla tomber à la distance de 45 mètres. Un autre fragment, d'environ 12 mètres de long, fut projeté dans la même direction avec plus de force encore, et se perdit dans la mer. » (Extrait par M. Hibbert des manuscrits du R. George Low, cité par M. Lyell dans le Ier volume de ses *Principes de Géologie.*)

Le 6 août 1809, à Swinton, distant d'environ 8 kilomètres de Manchester, la foudre produisit, sur une partie de la maison de M. Chadwick, des effets mécaniques remarquables que nous allons décrire, sans nous occuper pour le moment de leur explication.

Un petit bâtiment en briques, servant à emmagasiner du charbon de terre, et terminé dans sa partie supérieure par une citerne, était adossé à la maison de M. Chadwick. Les murs avaient 0m.90 d'épaisseur, et s'élevaient de 3m.30. Leurs fondations descendaient à 30 centimètres environ au-dessous du sol.

Le 6 août, à deux heures après midi, après des décharges répétées d'un tonnerre éloigné et qui semblait

s'approcher, une explosion épouvantable se fit entendre. Elle fut immédiatement suivie de torrents de pluie. Pendant quelques minutes, une vapeur sulfureuse entoura la maison.

Le mur extérieur du petit bâtiment, cave et citerne, fut arraché de ses fondations et soulevé en masse ; l'explosion le porta verticalement, et sans le renverser, à quelque distance de la place qu'il occupait d'abord. L'une de ses extrémités avait marché de 2^m.70 ; l'autre, de 1^m.20.

Le mur ainsi soulevé et transporté se composait, sans compter le mortier, de 7,000 briques et pouvait peser environ 26,000 kilogrammes.

Au moment du phénomène, la cave renfermait une tonne de charbon, et la citerne une certaine quantité d'eau. (*Mém. de Manchester,* t. II, 2e série.)

M. Liais rapporte que, pendant l'orage qui éclata à Cherbourg dans la nuit du 11 au 12 juillet 1852, la foudre tomba sur le mât de misaine du navire *le Patriote,* qui se trouvait dans le port. Le mât foudroyé a été fendu sur une longueur de 26 mètres, entre l'extrémité du mât et la hune ; plusieurs fragments ont été lancés à une grande distance. La force de projection a été telle qu'un morceau long de 2 mètres, ayant 20 centimètres d'équarrissage par le bout le plus épais, terminé en pointe par l'autre extrémité, est venu, à 80 mètres environ de distance, enfoncer la cloison en chêne du bâtiment de la tôlerie, cloison épaisse de 3 centimètres. Cet éclat est entré par le bout le plus gros, s'est enfoncé de près de moitié de sa longueur dans la cloison : un nœud l'a arrêté.

CHAPITRE XXIV.

ACTION MAGNÉTIQUE DE LA FOUDRE.

LA FOUDRE, QUAND ELLE PASSE PRÈS D'UNE AIGUILLE DE BOUSSOLE, EN ALTÈRE LE MAGNÉTISME, LE DÉTRUIT ENTIÈREMENT, OU RENVERSE LES PÔLES. — DANS LES MÊMES CIRCONSTANCES, ELLE PEUT COMMUNIQUER UNE AIMANTATION PLUS OU MOINS FORTE A DES BARRES D'ACIER QUI, AUPARAVANT, N'EN OFFRAIENT AUCUNE TRACE.

Voilà, assurément, des propriétés de la foudre bien curieuses. Les lecteurs ne seront pas fâchés, j'imagine, de savoir comment on les a découvertes. Ils voudront aussi qu'on leur dise, si les renversements des pôles, dans les aiguilles de boussole, sont des phénomènes très-rares; ce double but sera atteint par les citations que je réunis ici.

Vers l'année 1675, deux bâtiments anglais marchaient de conserve dans un voyage de Londres à la Barbade. A la hauteur des Bermudes, la foudre brisa le mât d'un d'entre eux et en déchira les voiles; l'autre ne reçut aucun dommage. Le capitaine de ce second bâtiment ayant remarqué que le premier virait de bord et paraissait vouloir retourner en Angleterre, demanda la cause de cette détermination subite, et n'apprit pas sans étonnement que son compagnon croyait suivre encore la première route. Un examen attentif des boussoles du bâtiment foudroyé, montra alors que les fleurs de lis des roses des vents, qui d'abord, comme c'est l'habitude, se dirigeaient au nord, marquaient au contraire le sud, en sorte que les pôles avaient été totalement renversés par la foudre. Cet état se maintint pendant tout le temps du voyage.

Dans le mois de juillet 1681, d'après ce que rapporte Boyle, le navire *l'Albemarl*, qui se trouvait alors à une centaine de lieues du cap Cod, fut frappé de la foudre. Il en résulta d'assez graves dégâts dans les mâts, dans les voiles, etc. Quand la nuit arriva, chacun reconnut, de plus, d'après les étoiles, que des trois boussoles qui existaient sur le bâtiment, deux, au lieu de marquer le nord, comme précédemment, indiquaient le sud, et que l'ancien point nord de la troisième était dirigé à l'ouest.

La foudre éclata sur le navire anglais *le Dover*, capitaine Waddel, le 9 janvier 1748, par 47° 30' de latitude nord et 22° 15' de longitude ouest de Greenwich. Le principal mât, le pont, les chambres et quelques parties des bordages souffrirent plus ou moins. Les pôles des aiguilles dans les quatre boussoles que portait le bâtiment furent renversés : le nord était passé au sud et réciproquement.

Un coup de foudre détruisit, il y a quelques années, le magnétisme des quatre boussoles qui existaient à bord du brick *Méduse*, pendant son voyage de La Guayra à Liverpool. De ces quatre instruments, deux étaient sur le pont et deux dans la chambre du capitaine. (*Silliman*, t. XII, 1827.)

Le coup de foudre déjà cité plusieurs fois, qui frappa le *New-York*, en 1827, eut pour effet une diminution considérable et même la neutralisation complète du magnétisme des aiguilles des quatre boussoles dont ce bâtiment était pourvu.

Les renversements de pôles des aiguilles de boussole par l'influence de la foudre doivent être plus fréquents que les physiciens ne l'imaginent. Dans le court intervalle

de 1808 à 1809, j'ai été presque témoin de deux événements de cette nature. Le premier arriva sur la corvette de guerre française *la Baleine*, que je vis entrer assez endommagée sur la rade de Palma à Mallorca ; le second, sur un bâtiment génois qui vint se briser sur la côte, à quelque distance d'Alger, au moment où, trompé par la position anomale qu'un coup de tonnerre avait donnée aux boussoles, le capitaine croyait faire route vers le nord.

Dans le fait relatif à *l'Albemarl*, que j'ai emprunté à Boyle, il est question d'une boussole qui, après un coup de foudre, pointait à l'ouest. Les journaux nautiques citent des cas dans lesquels, par l'influence du même météore, des aiguilles s'étaient tournées d'une manière permanente au nord-nord-ouest, ou au nord-ouest, ou au sud-ouest, etc. Pour dire la même chose en d'autres termes, la foudre n'aurait pas seulement la propriété de renverser les pôles, nord pour sud et réciproquement; l'altération ne serait pas non plus limitée à un angle droit : elle pourrait avoir toutes les valeurs comprises entre 0 et 180°.

C'est sans raison, à mon avis, que ces faits ont été regardés comme impossibles. Les aiguilles des boussoles sont ordinairement des losanges en acier très-allongés. Les pôles y occupent les deux extrémités de la grande diagonale; mais avec un peu de soin, et en manœuvrant convenablement les aimants naturels ou artificiels qui servent à aimanter ces aiguilles, on pourait amener ces mêmes pôles aux extrémités de la petite diagonale, et dès lors, ce serait celle-ci qui se placerait à peu près

dans le méridien, la grande marquerait l'est et l'ouest.

Ce que feraient les aimants, le tonnerre doit quelquefois l'opérer. Un coup de ce météore peut transporter les pôles de l'aiguille, des angles aigus aux angles obtus du losange, ou dans tout autre point intermédiaire entre ces deux positions extrêmes. Après le changement, la fleur de lis de la rose des vents que l'artiste avait soigneusement adaptée au pôle nord, correspondant à un autre point, faut-il s'étonner que, suivant la quantité du déplacement, elle se dirige au nord-ouest, au nord-est, à l'ouest, à l'est, etc.?

Je me suis certainement placé dans les conditions les plus défavorables possibles, lorsque j'ai supposé que les aiguilles des boussoles marines ont toujours été fabriquées avec des masses d'acier compactes d'une certaine largeur. Jadis, en effet, ces aiguilles se composaient de deux fils distincts du même métal, légèrement infléchis dans leur milieu. Par leur rapprochement, ces fils formaient le contour d'un losange. L'aiguille était donc un losange évidé, et non un losange plein comme de nos jours. L'un des fils formait les deux côtés de droite; l'autre, les deux côtés de gauche. Aux deux bouts de la grande diagonale, aux deux angles aigus du losange, il n'y avait entre les deux fils qu'un simple contact, qu'une simple juxta-position. Dans un pareil système, il y a place pour la distribution du magnétisme la plus compliquée, pour la formation de points conséquents, et dès lors pour toutes les bizarreries qu'on a mises, à tort, sur le compte de la crédulité des marins.

CHAPITRE XXV.

AIMANTATION PAR LA FOUDRE.

Passons des cas dans lesquels la foudre a modifié l'état de corps préalablement magnétisés, à ceux où elle a été le principe magnétisant.

En juin 1731, un marchand avait placé dans l'angle de sa chambre, à Wakefield, une grande caisse de couteaux, de fourchettes, et plusieurs autres objets en fer et en acier, qui devaient être envoyés aux colonies. La foudre entra dans la maison précisément par cet angle; elle brisa la boîte et dispersa tout ce qu'elle renfermait. Les fourchettes, les couteaux, soit qu'ils offrissent des traces de fusion, soit qu'ils parussent parfaitement intacts, étaient tous devenus fortement magnétiques.

A la suite du coup de foudre qui frappa le bâtiment *le Dover,* en janvier 1748, le capitaine Waddel reconnut qu'un grand nombre de pièces en fer et en acier situées près de l'habitacle avaient été fortement aimantées.

J'ai lu quelque part que la foudre qui tomba dans la boutique d'un cordonnier, en Souabe, y aimanta tellement tous les outils, que ce pauvre artisan ne pouvait plus s'en servir. Il était sans cesse occupé à débarrasser son marteau, ses tenailles et son tranchet, des clous, des aiguilles, des alènes, dont ils s'étaient saisis sur l'établi.

Lorsque le paquebot *le New-York* arriva à Liverpool en mai 1827, après avoir été deux fois frappé de la foudre, M. Scoresby reconnut que les clous des cloisons et des panneaux brisés, que les ferrures des mâts tombées

sur le pont, que les couteaux et les fourchettes qui, au moment de la décharge, étaient dans la soute au biscuit, enfin, que les pointes d'acier des instruments de mathématiques, avaient acquis un magnétisme très-prononcé.

Les altérations que la foudre fait éprouver aux aiguilles aimantées des boussoles nautiques, ont eu souvent de très-graves conséquences. Nous l'avons déjà dit, à la suite d'un coup de foudre, des marins, trompés par les fausses indications de leurs instruments, se sont jetés sur des écueils dont ils croyaient s'éloigner à toutes voiles. L'ai-*mantation* instantanée de la multitude des masses d'acier répandues sur un navire, peut créer des centres d'attraction puissants. De là, sans que les boussoles aient été dérangées elles-mêmes, résultent des déviations locales d'autant plus nuisibles, qu'en pleine mer le navigateur a peu de moyens d'en constater l'existence et surtout d'en déterminer la valeur. Ces deux genres de perturbations ne sont pas les seuls contre lesquels le pilote ait à se prémunir. Quand un coup de foudre aimante les diverses pièces en acier qui entrent dans la composition d'un chronomètre, et particulièrement le balancier, une nouvelle force, le magnétisme terrestre, s'ajoute à celles des ressorts qui, primitivement, réglaient la marche de ces admirables mais très-délicates machines. Cette nouvelle force donne lieu quelquefois à des accélérations ou à des retards sensibles. Aussi, après un certain nombre de jours de navigation, en résulte-t-il, sur la longitude géographique, des erreurs très-dangereuses. Les chronomètres du paquebot *le New-York*, par exemple, à leur arrivée à Liverpool, étaient de 33m 58s en avance de ce qu'ils

auraient marqué si la foudre n'avait pas frappé le bâtiment.

Lorsque M. Rihouet fut blessé par le coup de foudre qui frappa le vaisseau *le Golymin*, dans la nuit du 21 au 22 février 1812, toutes les pièces en acier d'une montre à répétition qui était suspendue près de sa tête, furent aimantées. Vingt-sept ans après, cette aimantation, produite par la matière fulminante, durait encore.

Le danger que la foudre peut faire courir aux navigateurs en altérant la marche de leurs chronomètres n'a été remarqué que depuis peu d'années.

CHAPITRE XXVI.

LA FOUDRE, DANS SA MARCHE SI RAPIDE, OBÉIT A DES ACTIONS DÉPENDANTES DES CORPS TERRESTRES PRÈS DESQUELS ELLE ÉCLATE.

Rien ne me semble plus propre à montrer que, dans sa marche si prodigieusement rapide, la foudre est gouvernée par des forces dépendantes de la nature et de la position des corps terrestres près desquels elle éclate, que la relation adressée à Nollet, en juillet 1764, par le comte de Latour-Landry, concernant le coup de tonnerre qui frappa l'église d'Antrasme près de Laval.

Le 29 juin 1763, au milieu d'un violent orage, la foudre tomba sur le clocher d'Antrasme; elle pénétra dans l'église, fondit ou noircit les dorures des cadres et des contours de certaines niches; elle laissa noircies et à demi-grillées les burettes d'étain placées sur une petite armoire; enfin elle perça de deux trous profonds, réguliers comme ceux d'une tarière, la crédence peinte en

marbre contenue dans une niche en pierre de tuffeau.

Tous ces dégâts furent réparés : on rétablit les dorures, on boucha les trous, on repeignit toutes les parties détériorées. Eh bien, le 20 juin 1764, le tonnerre tomba sur le même clocher ; de là il passa dans la même église, où il noircit les dorures qui avaient été noircies en 1763, et pas davantage ; où il fondit celles qu'il avait fondues, juste dans les mêmes limites ; les deux burettes étaient noircies, grillées comme un an auparavant ; enfin les deux trous bouchés et repeints se trouvèrent débouchés.

Ceux qui prendront la peine de réfléchir aux milliards de combinaisons qui pouvaient rendre différentes les routes des coups de foudre de 1763 et de 1764, n'hésiteront pas, j'imagine, à voir avec moi, dans la parfaite identité des effets des deux météores, une preuve démonstrative de la proposition que j'ai placée en tête de ce chapitre.

La foudre tomba à Péronne, le 10 septembre 1841, dans une chambre où, vingt-cinq ans auparavant, elle avait failli tuer le poëte Béranger.

CHAPITRE XXVII.

LORSQUE L'ATMOSPHÈRE EST ORAGEUSE, IL Y A, SIMULTANÉMENT, DANS LES ENTRAILLES DE LA TERRE, A LA SURFACE OU AU SEIN DES EAUX, DE GRANDES PERTURBATIONS.

Davini écrivait à Vallisneri qu'il avait observé, près de Modène, une fontaine dont les eaux toujours limpides par un temps serein, devenaient troubles quand le ciel se couvrait. Je ne sais si cette remarque a été vérifiée

depuis; Vallisneri, en tout cas, ne la révoquait pas en doute. Il ajoutait, comme résultat de ses propres observations, que les salses de Zibio, de Querzola, de Cassola, etc., du même duché de Modène, et que les solfatares annoncent un orage, avant qu'il éclate, avant même qu'il se soit formé, et cela par une certaine espèce d'ébullition, par des bruits semblables à ceux du tonnerre, quelquefois aussi par de véritables coups fulminants.

Toaldo cite deux phénomènes semblables, dont il avait personnellement connaissance, et que je crois devoir rapporter.

Dans les collines du Vicentin, à peu de distance de l'église paroissiale de Molvena, existe une fontaine que les habitants appellent Bifoccio, parce qu'effectivement elle embrasse deux sources. Quand un orage se prépare, cette fontaine, même après une longue sécheresse, même aux époques où elle est complétement à sec, déborde subitement et remplit un large canal d'une eau très-trouble, qui se répand dans les vallées voisines.

Voici un fait dont l'analogie avec les deux précédents n'échappera à personne, et qui conduit aux mêmes conséquences. On avait foré, à quelque distance de Perpignan (Pyrénées-Orientales), un puits artésien, qui fournissait à l'origine une grande quantité d'eau jaillissante. Cette eau diminua rapidement, ce que tous les habitants attribuèrent à l'accumulation de matières vers la partie inférieure du trou, je dirais presque à la formation d'une sorte de piston terreux. Il arriva, un jour où le ciel était couvert de nuages fortement orageux, qu'on entendit sous terre un bouillonnement sourd, suivi bien-

tôt d'une explosion, à la suite de laquelle la fontaine artésienne fournit la même quantité d'eau qu'auparavant.

A 5 kilomètres environ de la source de Bifoccio, selon Toaldo, près de l'église paroissiale de Villaraspa, dans la cour de M. Joseph Pigati, de Vicence, il y a un puits profond qui bouillonne tellement aux approches d'un orage, qui fait un si grand bruit, que les habitants des environs en sont tout effrayés [1].

J'ose affirmer qu'on va souvent chercher au loin, dans un autre hémisphère, des sujets d'étude mille fois moins intéressants que les deux dont je viens de faire mention.

Le journal de Brugnatelli nous apprend que, le 19 juillet 1824, à la suite d'un orage, les eaux du lac Massaciuccoli, dans le territoire de Lucques, devinrent blanches comme si l'on y avait fait dissoudre une grande quantité de savon. Cet état durait encore le 20. Le lendemain, beaucoup de poissons morts, grands et petits, furent trouvés sur le rivage!

N'est-ce pas là une double indication de quelque éma-

1. Ce serait peut-être le cas de dire ici quelques mots des roulements souterrains qu'entendent pendant les orages ceux qui se tiennent près de plusieurs des ouvertures naturelles par lesquelles le célèbre lac de Zirknitz s'emplit et se vide périodiquement. Valvasor nous apprend que deux de ces ouvertures portent deux noms (Vella et Mala-Bobnaza), qui, dans le langage de la Carniole, veulent dire le plus petit et le plus grand tambour. Voilà bien, assurément, tout ce qu'il faut pour croire à l'existence d'un bruit souterrain; mais ici (le doute, comme on l'a vu, n'existe pas à Villaraspa, puisque le phénomène se manifeste avant que l'orage éclate), le bruit est-il un simple phénomène d'acoustique, une succession d'échos, ou bien résulte-t-il d'une sorte d'orage intérieur, dont l'existence serait subordonnée à celle de l'orage atmosphérique? On manque de données pour prononcer entre ces deux hypothèses.

nation souterraine qui, pendant l'orage du 19, se faisait jour à travers le fond vaseux du lac?

Les historiens, les météorologistes, citent des inondations locales, dont les effets ont semblé bien supérieurs à ce que pouvait faire craindre la médiocre quantité de pluie provenant des nuages et tombée dans un certain rayon. Il est rarement arrivé qu'alors on n'ait pas vu, pendant un temps plus ou moins long, d'immenses masses d'eau surgir des entrailles de la terre par des ouvertures jusque-là inconnues, et aussi, qu'un violent orage n'ait pas été le précurseur du phénomène et probablement sa cause première. Telles furent, de point en point, par exemple, en juin 1686, les circonstances de l'inondation qui détruisit presque en totalité les deux villages de Ketlevell et de Starbotton, dans le comté d'York. Pendant l'orage, une immense crevasse se forma dans la montagne voisine, et, au dire de témoins oculaires, la masse fluide qui s'en échappa avec impétuosité, contribua au moins tout autant que la pluie aux malheurs qu'on eut à déplorer.

Je pourrais analyser un grand nombre de cas semblables au précédent; mais, comme par leur nature ils laissent toujours quelque incertitude, quelque louche dans l'esprit, je me bornerai à une seule citation nouvelle. Celle-ci aura pour caution l'imposante autorité de Beccaria.

En octobre 1755, une inondation subite produisit d'immenses ravages dans la plupart des vallées du Piémont. Le Pô déborda. Le désastre fut précédé d'horribles tonnerres (*orrendi tuoni*, dit le savant italien). D'un assen-

timent unanime, il eut pour cause principale l'immense volume d'eau souterraine qui tout à coup, pendant l'orage, sortit du sein des montagnes par de nouvelles ouvertures.

Ces ruptures locales de l'écorce solide du globe n'auraient rien d'extraordinaire, s'il était prouvé que dans des temps orageux l'eau tend à se réunir aux nuages, et que cette tendance se manifeste par des intumescences prononcées. Or, voilà précisément ce qui résulte avec évidence des observations faites à bord du paquebot *le New-York*, en avril 1827.

Pendant que l'orage grondait autour de ce navire, la mer était dans un bouillonnement continuel qui, par sa nature, aurait pu faire croire à l'existence de plusieurs volcans sous-marins. On apercevait surtout trois colonnes d'eau; elles s'élançaient dans les airs, puis retombaient en écumant, puis s'élevaient de nouveau pour retomber encore.

Il existe au Mont-d'Or, en Auvergne, un bâtiment très-ancien au milieu duquel est une cuve en pierre d'un seul bloc, qu'on appelle la *cuve de César*. Elle a 1 mètre de large et 12 décimètres de profondeur. Le fond de cette cuve est percé de deux ouvertures, à travers lesquelles deux colonnes d'eau, sortant de terre, jaillissent en bouillonnant, c'est-à-dire en produisant un bruit, une sorte d'éructation dont l'intensité, d'après les observations souvent répétées de M. le docteur Bertrand, augmente considérablement quand le temps est orageux.

Les habitants de la vallée avaient trouvé, eux aussi, dans le bruit de la source jaillissante de la cuve de César,

un signe avant-coureur des orages. Ce signe, disent-ils, ne les trompe jamais !

Un pareil phénomène mérite assurément d'être suivi avec un grand soin. On ne fera pas moins pour la science en cherchant s'il est vrai, comme Berzélius croit l'avoir remarqué, que les flacons bien bouchés, contenant de l'eau chargée d'acide carbonique, éclatent beaucoup plus fréquemment que d'habitude pendant les orages ; si l'on prouve surtout que les vibrations imprimées au verre par les détonations de la foudre ne contribuent nullement à l'effet qu'a observé l'illustre chimiste suédois.

Le célèbre Duhamel du Monceau rapporte que les éclairs sans tonnerre, sans vent et sans pluie, ont la propriété de rompre les épis d'avoine. Les fermiers connaissent cet effet : ils disent que les éclairs abattent les avoines.

Le 3 septembre 1771, Duhamel fut lui-même témoin de ce phénomène au château de Denainvilliers, près de Pithiviers. Dans la nuit du 2 au 3, il éclaira beaucoup le matin. Au jour, on trouva que tous les épis qui étaient mûrs avec de belles grappes se trouvaient rompus au premier nœud. Les seuls épis verts étaient restés sur pied. Les fermiers se déterminèrent à tout faucher.

Duhamel rapporte également, comme une chose positive, que les éclairs font couler le blé noir ou sarrasin qui se trouve en fleur.

Voici, touchant l'action que l'atmosphère, quand elle est orageuse, exerce sur les végétaux, un fait garanti par les rédacteurs de la *Bibliothèque britannique de Genève*, et dont l'un d'entre eux avait été témoin. Je transcris leurs propres expressions :

« On enlevait, au mois de mai de l'année dernière (1795), l'écorce d'un bois de chêne situé sur une éminence, à deux lieues de Genève. Cette opération n'est possible que dans la saison où la sève, en mouvement entre le bois et l'écorce, détruit suffisamment l'adhérence de celle-ci pour qu'elle se sépare avec facilité, et encore les ouvriers remarquent-ils que l'état de l'atmosphère influe d'une manière très-marquée sur cette opération. Un jour, le vent était au nord, le ciel serein; l'écorce ne s'enlevait qu'avec beaucoup de difficulté; après midi, le temps se couvre vers l'ouest, le tonnerre gronde... et au même instant l'écorce des arbres s'enlève pour ainsi dire d'elle-même, à la grande surprise des ouvriers, qui se récrient tous sur ce phénomène, et qui hésitent d'autant moins à l'attribuer à l'état de l'air, qu'il disparaît avec les symptômes de cette disposition de l'atmosphère. » (*Bibliothèque britannique*, vol. II, p. 221.)

Je passe sous silence une multitude d'*on dit* sur la propriété qu'aurait le tonnerre, alors même qu'il ne tombe pas, de faire cailler le lait, d'aigrir le vin, d'accélérer la corruption des viandes, etc., etc. Je ne connais pas d'expériences précises qui en établissent l'exactitude. L'assertion unanime des cuisinières, des marchands de vin, des bouchers, etc., peut bien légitimer des doutes, mais ne saurait tenir lieu de preuves.

CHAPITRE XXVIII.

L'ÉTAT EXCEPTIONNEL DANS LEQUEL LES ORAGES ATMOSPHÉRIQUES PLACENT LA PARTIE SOLIDE DU GLOBE, SE MANIFESTE QUELQUEFOIS PAR DES DÉTONATIONS FOUDROYANTES QUI, SANS AUCUNE APPARENCE LUMINEUSE, PRODUISENT CEPENDANT LES MÊMES EFFETS QUE LA FOUDRE PROPREMENT DITE.

Je ne connais qu'une seule observation directe qui puisse justifier cet énoncé; mais elle est si nette, si démonstrative, M. Brydone en recueillit toutes les circonstances avec un soin si intelligent, si éclairé, que le doute, quant aux conséquences qui en découlent, ne semble pas même permis.

Le 19 juillet 1785, entre midi et une heure, il éclata un orage dans le voisinage de Goldstream. Pendant sa durée, il y eut dans la campagne environnante plusieurs accidents remarquables que je vais analyser.

Une femme qui coupait du foin près des rives de la Tweed tomba à la renverse. Elle appela sur-le-champ ses compagnes, et leur dit qu'elle venait de recevoir sous son pied, et sans pouvoir dire de quelle manière, le coup le plus violent. En ce moment il n'y avait eu dans le ciel ni éclair ni tonnerre.

Le berger de la ferme de Lennel-Hill vit tomber à quelques pas de lui un mouton qui, peu de moments auparavant, paraissait en parfaite santé. Il courut pour le relever, mais il le trouva raide mort. L'orage paraissait alors être très-éloigné.

Deux tombereaux chargés de charbon de terre étaient conduits chacun par un jeune cocher assis en avant sur

un petit siége. Ils venaient l'un et l'autre de traverser la Tweed; ils achevaient de gravir une montée voisine des bords de cette rivière, lorsqu'on entendit à la ronde une forte détonation semblable à celle qui serait résultée de la décharge à peu près simultanée de plusieurs fusils, mais sans aucun roulement. Au même instant, le cocher du tombereau de derrière vit le tombereau de devant, les deux chevaux et son camarade tomber à terre. Le cocher et les chevaux étaient raides morts ! Examinons scrupuleusement les détails de cet événement.

Le bois du tombereau avait été fortement endommagé, là surtout où il existait des clous et des crampons en fer.

Un grand nombre de morceaux de charbon se trouvaient dispersés au loin, tout autour du tombereau. On eût dit, d'après l'aspect de plusieurs d'entre eux, qu'ils étaient restés sur le feu pendant quelque temps.

Le sol était percé de deux trous circulaires à l'endroit même où les roues le touchaient quand l'accident arriva. Une demi-heure après l'événement ces deux trous émettaient une odeur que Brydone compara à celle de l'éther.

Les deux bandes circulaires en fer qui recouvraient les deux jantes offraient des marques évidentes de fusion dans les deux parties qui reposaient sur la terre au moment de la détonation, et nulle autre part.

Le poil des chevaux avait été brûlé, particulièrement aux jambes et sous le ventre. En examinant l'empreinte faite par ces animaux sur la poussière qui couvrait la route, on reconnut qu'au moment de leur chute ils étaient complétement morts, qu'ils tombèrent comme des masses inertes, qu'ils n'éprouvèrent aucun mouvement convulsif.

Le corps du malheureux cocher présentait, çà et là, des marques de brûlures. Ses habits, sa chemise et son chapeau surtout, étaient réduits en lambeaux. Ils répandaient une forte odeur.

Voilà incontestablement les principaux effets d'un coup de foudre ordinaire ; eh bien, la détonation ne fut précédée d'aucun éclair, d'aucun phénomène de lumière. Nous avons pour garants de ce fait remarquable le cocher du second char, lequel, au moment de l'accident, causait avec son camarade, dont il n'était éloigné que d'une vingtaine de mètres, et qui le vit tomber sans avoir aperçu aucune lumière. Nous pouvons invoquer aussi le témoignage du berger de la ferme de Saint-Cuthbert ; celui-ci déclara à M. Brydone qu'il suivait de l'œil les deux tombereaux quand la détonation arriva ; que la chute de la voiture, des chevaux et du cocher fut accompagnée de la formation d'un tourbillon de poussière, mais qu'aucun éclair, qu'aucun feu ne se montra. Nous ajouterons, enfin, que M. Brydone, dans le moment même de l'accident, s'était placé devant une fenêtre ouverte pour montrer à quelques personnes de sa société comment, avec une montre à secondes, on peut déduire la distance des nuages orageux de l'intervalle qui s'écoule entre l'éclair et le bruit, et qu'il entendit la détonation foudroyante sans qu'elle eût été précédée d'aucun éclair.

Une grande sécheresse régnait depuis longtemps dans le pays quand arriva l'accident dont je viens de donner la relation.

CHAPITRE XXIX.

L'ÉTAT PARTICULIER QU'UN ORAGE ATMOSPHÉRIQUE COMMUNIQUE AU GLOBE PAR SON INFUENCE, SE MANIFESTE QUELQUEFOIS PAR DE BRILLANTS, PAR DE LARGES PHÉNOMÈNES DE LUMIÈRE DONT LA TERRE EST D'ABORD LE SIÉGE, ET QUI DISPARAISSENT A LA SUITE D'UNE EXPLOSION, SOIT DANS LE LIEU MÊME OU ILS SONT NÉS, SOIT APRÈS UN DÉPLACEMENT PLUS OU MOINS ÉTENDU ET PLUS OU MOINS RAPIDE.

Le fait que je vais rapporter prouve que, par l'influence d'un orage, des flammes peuvent se développer au sein des eaux et en jaillir.

Dans la nuit du 4 au 5 septembre 1767, pendant un violent orage, le fermier d'un étang, près de Parthenai, en Poitou, le vit couvert dans toute son étendue d'une flamme si épaisse qu'elle lui dérobait la vue de l'eau [1].

Il paraît, enfin, que de grands météores lumineux d'une nature analogue à celle de la foudre naissent quelquefois à la surface du globe, même quand le ciel ne semble pas orageux. J'en trouverai la preuve dans un événement de mer qui, déjà, a été cité sommairement pour un autre objet (chapitre XI, p. 81).

Le 4 novembre 1749, par 42° 48′ de latitude nord, et 11° un tiers de longitude occidentale (comptée de Paris), quelques minutes avant midi et par un temps serein, un globe bleuâtre de feu, de la grandeur apparente d'une meule de moulin, s'avança rapidement vers le vaisseau anglais *le Montague,* en roulant à la surface de la mer.

1. Le lendemain tous les poissons flottaient morts à la surface de l'étang.

Le globe, après s'être élevé verticalement à peu de distance du navire, alla frapper les mâts avec une explosion comparable à celle de plusieurs centaines de canons. Le grand mât de hune était brisé en une multitude de pièces; une large fente régnait de haut en bas le long du grand mât; cinq matelots furent jetés sur le pont sans connaissance; un d'entre eux était grièvement brûlé.

La nature fulminante du phénomène me paraît résulter de l'odeur sulfureuse qui se répandit dans les batteries, et plus particulièrement encore de cette circonstance, que de gros clous en fer arrachés dans diverses parties du navire furent projetés sur le pont avec une telle force qu'ils s'y enfoncèrent profondément. Il ne fallut rien moins que de puissantes tenailles pour les arracher.

Le savant docteur Robinson d'Armagh a eu la complaisance de me faire part d'un phénomène de lumière très-remarquable, observé sur les eaux sans aucune apparence d'orage, et dont les lecteurs ne seront certainement pas fâchés de trouver la description :

« Le major Sabine et le capitaine James Ross revenaient, en automne, de leur première expédition arctique; ils étaient encore dans les mers du Groënland pendant une des nuits si sombres de ces régions, quand ils furent appelés sur le pont par l'officier de quart qui venait d'apercevoir quelque chose de très-étrange. C'était, en avant du navire et précisément dans la direction qu'il suivait, une lumière stationnaire sur la mer et s'élevant à une grande hauteur, pendant que partout ailleurs le ciel et l'horizon paraissaient noirs comme de la poix. Il n'y avait dans ces parages aucun danger connu; la route

ne fut donc pas changée. Lorsque le navire pénétra dans la région lumineuse, tout l'équipage était silencieux, attentif, en proie à une vive préoccupation. Aussitôt on aperçut aisément les parties les plus élevées des mâts et des voiles et tous les cordages. Le météore pouvait avoir une étendue de 400 mètres. Lorsque la partie antérieure du navire en sortit, elle se trouva subitement dans l'obscurité ; aucun affaiblissement graduel ne se fit remarquer. On s'était déjà fort éloigné de la région lumineuse qu'elle se voyait encore à l'arrière du navire. »

La cause de ces phénomènes de lumière, pour me servir de la belle expression de Pline, est encore cachée dans la majesté de la nature.

Indépendamment des feux problématiques dont il vient d'être question, lesquels, en temps d'orage, naissent sur le sol, y demeurent quelque temps stationnaires et ne le quittent que pour éclater à une petite hauteur, comme les feux de Fosdinovo et de Dijon, ce serait sur la terre, s'il fallait en croire Maffei, Chappe, etc., que s'élaborerait presque toujours la foudre ; ce serait de terre que partiraient subitement, inopinément, les éclairs foudroyants. Au lieu de se précipiter des nuages, ces éclairs iraient, au contraire, les rejoindre par un mouvement dirigé de bas en haut.

Les partisans de cette opinion disent qu'ils ont vu distinctement la foudre s'élever à la manière des fusées. En admettant comme un fait la marche si rapide qui résulte des expériences de M. Wheatstone, on conçoit difficilement la possibilité de distinguer à l'œil si un éclair qui joint les nuages à la terre, a été montant ou descendant.

Toutefois, comment taxer d'erreur tant d'observateurs exercés? Les éclairs ascendants, ainsi que les éclairs en boule, dont il a été si longuement question dans le chapitre VII, se mouvraient-ils donc plus lentement que les éclairs engendrés au sein de l'atmosphère? Ce sujet appelle de nouvelles recherches. Celui qui aura vu, nettement vu, un éclair attaché à la terre par l'une de ses extrémités, ne point atteindre par l'extrémité opposée la surface des nuages, aura fait faire à la question un pas décisif.

CHAPITRE XXX.

FEUX SAINT-ELME.

IL SE MONTRE SOUVENT, EN TEMPS D'ORAGE, DES LUMIÈRES VIVES ET LÉGÈREMENT SIFFLANTES, AUX PARTIES LES PLUS SAILLANTES DES CORPS TERRESTRES.

Dans les temps orageux, les portions saillantes des corps, et principalement les parties métalliques, brillent quelquefois d'une assez vive lumière, que les anciens désignaient sous les noms de Castor et Pollux. Aujourd'hui, ces feux sont plus généralement connus sous le nom de feux Saint-Elme. Les Portugais les appellent Corpo-Santo, les Anglais Comazants. Dans quelques parties de la Méditerranée, on les nomme Saint-Nicolas, Sainte-Claire ou Sainte-Hélène.

Les *Commentaires de César* renferment une des plus anciennes relations de ce phénomène qui nous aient été conservées. Dans le livre sur la guerre d'Afrique, § 47, on lit : « Cette même nuit (une nuit orageuse pendant

laquelle il tomba beaucoup de grêle), le fer des javelots de la cinquième légion parut en feu. »

Sénèque raconte qu'une étoile alla, près de Syracuse, se reposer sur le fer de la lance de Gylippe.

On lit dans Tite-Live que le javelot dont Lucius Atreus venait d'armer son fils, récemment enrôlé parmi les soldats, jeta des flammes pendant plus de deux heures sans en être consumé.

Pline avait vu lui-même de semblables clartés, à la pointe des piques de soldats qui étaient la nuit en faction sur les remparts.

Plutarque parle d'observations semblables faites en Sardaigne et en Sicile.

Procope nous apprend que, dans la guerre contre les Vandales, le ciel favorisa Bélisaire du même prodige.

Voilà, ce me semble, assez de faits, quant aux flammes qui se montrent à terre, sur la pointe des lances, des javelots, etc. Les mêmes auteurs nous fourniraient des citations beaucoup plus nombreuses encore, relativement à des apparitions analogues qui ont eu lieu en temps d'orage dans les diverses parties des navires.

Plutarque rapporte, par exemple, qu'au moment où la flotte de Lysandre sortait du port de Lampsaque pour attaquer la flotte athénienne, les deux feux qu'on appelle les étoiles de Castor et de Pollux, allèrent se placer des deux côtés de la galère de l'amiral lacédémonien.

On regardait, dans l'antiquité, les apparitions de flammes sur les mâts, les vergues ou les cordages des bâtiments, comme des présages. Aussi étaient-elles observées avec un grand soin et recueillies scrupuleusement par les

historiens. Une seule flamme (on lui donnait alors le nom d'Hélène), était considérée comme un signe menaçant. Deux flammes, Castor et Pollux, prédisaient, au contraire, du beau temps et un heureux voyage.

Si l'on est curieux de savoir sous quel point de vue les navigateurs contemporains de Colomb envisageaient ces mêmes phénomènes, nous emprunterons à l'*Historia del Almirante,* écrite par son fils, ce passage si fortement empreint des idées du XV[e] siècle :

« Dans la nuit du samedi (octobre 1493, pendant le second voyage de Colomb), il tonnait et pleuvait très-fortement. Saint-Elme se montra alors sur le mât de perroquet avec sept cierges allumés, c'est-à-dire qu'on aperçut ces feux que les matelots croient être le corps du saint. Aussitôt, on entendit chanter sur le bâtiment force litanies et oraisons, car les gens de mer tiennent pour certain que le danger de la tempête est passé dès que Saint-Elme paraît. Il en sera de cette opinion ce qu'on voudra, etc., etc. »

Herrera nous apprend que les matelots de Magellan avaient les mêmes superstitions. « Pendant les grandes tempêtes, dit-il, Saint-Elme se montrait au sommet du mât de perroquet, tantôt avec un cierge allumé, et tantôt avec deux. Ces apparitions étaient saluées par des acclamations et des larmes de joie. »

En y regardant de bien près, peut-être apercevrait-on que le prestige dont les feux Saint-Elme étaient entourés dans l'antiquité, s'est conservé beaucoup plus longtemps qu'on ne paraît disposé à le croire. Quant à l'assimilation singulière de ces feux à des cierges allumés, on n'en

découvre plus aucune trace dans les relations des navigateurs du milieu ou de la fin du XVIIe siècle. Peut-être, cependant, faut-il la regarder comme la source de cette autre opinion, passablement étrange aussi, qui faisait des feux Saint-Elme des objets matériels dont on pouvait aller se saisir au sommet des mâts pour les descendre sur le pont. Le passage que je vais emprunter aux *Mémoires de Forbin*, présentera ces idées dans toute leur naïveté, en même temps qu'il fera connaître les énormes dimensions que les feux Saint-Elme acquièrent quelquefois :

« Pendant la nuit (en 1696, par le travers des Baléares), il se forma tout à coup un temps très-noir, accompagné d'éclairs et de tonnerres épouvantables. Dans la crainte d'une grande tourmente dont nous étions menacés, je fis serrer toutes les voiles. Nous vîmes sur le vaisseau plus de trente feux Sainte-Elme. Il y en avait un, entre autres, sur le haut de la girouette du grand mât qui avait plus d'un pied et demi ($0^m.50$) de hauteur. J'envoyai un matelot pour le descendre. Quand cet homme fut en haut, il cria que ce feu faisait un bruit semblable à celui de la poudre qu'on allume après l'avoir mouillée. Je lui ordonnai d'enlever la girouette et de venir; mais à peine l'eut-il ôtée de place, que le feu la quitta et alla se poser sur le bout du mât, sans qu'il fût possible de l'en retirer. Il y resta assez longtemps, jusqu'à ce qu'il se consuma peu à peu. »

Si j'arrêtais mes citations ici, on aurait peut-être raison de s'imaginer que la cause des feux Saint-Elme avait anciennement plus d'activité que dans les temps modernes. Rapportons donc encore quelques faits, et nous verrons des aigrettes lumineuses naître, comme jadis en

temps d'orage, sur des corps de toute nature, même les moins élevés.

Dans l'*Itinerary* de Fynes Moryson, secrétaire de lord Montjoy, on lit qu'à la date du 23 décembre 1601, au siége de Kingsale, pendant que le ciel était sillonné par des éclairs (sans tonnerre), les cavaliers en sentinelle voyaient des lampes brûler (*lamps burn*) à la pointe de leurs lances et de leurs épées.

Le 25 janvier 1822, pendant une forte averse de neige, M. de Thielaw, qui se rendait alors à Freyberg, remarqua sur la route que les extrémités des branches de tous les arbres étaient lumineuses. La lumière paraissait légèrement bleuâtre.

Le 14 janvier 1824, à la suite d'un orage, M. Maxadorf ayant porté ses regards sur un chariot chargé de paille qui se trouvait au-dessous d'un gros nuage noir, au milieu d'un champ près de Cothen, observa que tous les brins de paille se redressaient et paraissaient en feu. Le fouet même du conducteur jetait une vive lumière. Ce phénomène disparut dès que le vent eut emporté le nuage noir; il avait duré dix minutes.

Le 8 mai 1831, après le coucher du soleil, des officiers d'artillerie et du génie se promenaient tête nue pendant un orage, sur la terrasse du fort Bab-Azoun, à Alger. Chacun, en regardant son voisin, remarqua avec étonnement, aux extrémités de ses cheveux tout hérissés, de petites aigrettes lumineuses. Quand ces officiers levaient les mains, des aigrettes se formaient aussi au bout de leurs doigts. (Voyage de M. Rozet.)

Pendant l'orage du 8 janvier 1839, quand la foudre

frappa la tour de l'église de Hasselt, dès cultivateurs qui se trouvaient sur la digue entre Zwolle et Hasselt, aux environs de cette dernière ville, observèrent un singulier phénomène. Peu de moments avant que le coup foudroyant éclatât, ils remarquèrent que leurs vêtements étaient tout couverts de feu. En faisant de vains efforts pour l'en ôter, ils portèrent leurs regards sur les objets qui les environnaient, et virent avec effroi que les arbres et les mâts scintillaient de la même flamme; le coup retentit, et aussitôt les flammes disparurent. (*Journal de La Haye.*)

N'y a-t-il pas quelque raison de s'étonner que des phénomènes qui se développent avec tant d'intensité près du sol et sur les parties saillantes des navires soient si rarement remarqués à la pointe des clochers ou sur les tiges des girouettes dont la plupart des maisons sont surmontées? Je n'ai qu'un mot à répondre : on n'aperçoit pas les feux Saint-Elme au sommet des grands édifices, par la seule raison qu'on n'y prend pas garde. Là où il s'est trouvé des observateurs attentifs, les sommités de toute nature ont repris leurs droits [1].

Watson recueillait déjà une relation qui lui venait de France, et dans laquelle il était question de cette remarque faite pendant vingt-sept années consécutives par M. Binon, curé de Plauzet, que, pendant les grands

1. Gueneau de Montbeillard rapporte, d'après le témoignage de d'Hermolaus Barbarus et d'Aldrovand, qu'on a vu quelquefois dans des temps d'orage, à des hauteurs très-considérables, des corbeaux dont le bec jetait une vive lumière. « C'est peut-être, ajoute le collaborateur de Buffon, quelque observation de ce genre qui a valu à l'aigle le titre de ministre de la foudre. »

orages, les trois pointes de la croix du clocher paraissaient enveloppées de flammes.

En Allemagne, la sommité de la tour de Naumbourg était citée, sous ce rapport, comme une exception singulière et très-remarquable; mais, au mois d'août 1768, Lichtenberg aperçut ces mêmes feux sur le clocher de la tour Saint-Jacques à Gœttingue.

Le 22 janvier 1778, pendant un violent orage accompagné de pluie et de grêle, M. Mongez apercevait des aigrettes lumineuses sur plusieurs des sommités les plus élevées de la ville de Rouen.

En 1783, M. Sauvan publiait que le 22 juillet, la nuit étant orageuse, il avait aperçu pendant trois quarts d'heure une couronne de lumière autour de la boule du clocher des Grands-Augustins à Avignon.

Avant de clore ce chapitre, il ne sera peut-être pas inutile de dire que, par des circonstances atmosphériques toutes pareilles, du moins en apparence, et pendant des orages d'une égale intensité, les feux dont nous venons de nous occuper ont cependant, je ne dis pas seulement des intensités, mais des formes dissemblables; que souvent ils ressemblent à des aigrettes; que parfois aussi leur lumière se trouve concentrée en un petit globe, sans aucune trace de jets divergents.

CHAPITRE XXXI.

PENDANT DE GRANDS ORAGES, LES GOUTTES DE PLUIE, LES FLOCONS DE NEIGE, LES GRÊLONS, PRODUISENT DE LA LUMIÈRE EN ARRIVANT A TERRE, OU MÊME EN S'ENTRE-CHOQUANT.

Plusieurs physiciens ayant nié la réalité de ce phénomène, j'ai cru devoir rechercher, avec un soin tout particulier, les observations qu'on en a faites. Elles permettront à chacun d'avoir, à ce sujet, une opinion raisonnée et personnelle.

Les pluies d'orage sont quelquefois assez lumineuses pour que dom Hallai, prieur des Bénédictins de Lessay, près de Coutances, crût ne point exagérer en disant, dans une lettre à Mairan : « Le 3 juin 1731, au soir, pendant des tonnerres extraordinaires, il tombait de toutes parts comme des gouttes de métal fondu et embrasé. »

En 1761, Bergman écrivait à la Société royale de Londres :

« J'ai observé deux fois vers le soir, sans qu'il tonnât, une pluie telle qu'à son contact tout scintillait, et que la terre semblait couverte d'ondes enflammées. »

On pourrait croire que les régions septentrionales sont plus propres que les autres à la production des pluies lumineuses, puisque dans le très-petit nombre de citations qu'il m'est possible de faire à ce sujet, il en est encore une, comme on va voir, qui appartient à la Suède.

Pendant la matinée du 22 septembre 1773, il tonna, il éclaira et il tomba une pluie très-abondante dans le district de Skara (Gothie orientale). Ensuite on éprouva

une chaleur accablante. La pluie recommença à six heures du soir. Alors, disent toutes les relations, chaque goutte jetait du feu en arrivant à terre.

Le 3 mai 1768, près la Canche, à deux lieues d'Arnay-le-Duc, M. Pasumot fut surpris en plein champ par un gros orage. Quand il s'inclinait pour faire couler l'eau qui s'était accumulée près des rebords de son chapeau, cette eau, en rencontrant dans sa chute à environ un demi-mètre de terre celle qui tombait directement des nuages, en faisait jaillir des étincelles.

Le 28 octobre 1772, sur la route de Brignai à Lyon, l'abbé Bertholon fut surpris par un orage vers les cinq heures du matin. Il tombait de la pluie et de la grêle en très-grande abondance. Les gouttes de pluie et les grêlons qui rencontraient dans leur chute les parties métalliques de la selle du cheval que montait M. Bertholon produisaient à l'instant même des jets lumineux.

Une personne de la connaissance du célèbre météorologiste Howard lui raconta que s'étant trouvée de nuit sur la route de Londres à Bow, pendant le violent orage du 19 mai 1809, elle vit distinctement que la pluie qui tombait devenait lumineuse au moment de son arrivée à terre.

Voilà tout ce que j'ai pu recueillir quant à des pluies lumineuses. La grêle et la neige ne me fourniront qu'une ou deux citations [1].

1. Pendant un orage, des voyageurs remarquèrent qu'en crachant, les gouttes de salive étaient lumineuses presque au sortir de la bouche. La frayeur dont furent saisis ceux qui se surprirent ainsi *crachant du feu* pouvant se renouveler, il m'a paru que l'observation, qui d'ailleurs par elle-même n'est pas dépourvue d'une certaine importance théorique, devait être consignée dans cette notice.

Dans sa lettre déjà mentionnée de 1761, Bergman, après avoir parlé des pluies qui, en arrivant à terre, deviennent lumineuses, dit qu'il a observé quelquefois le même phénomène pendant des averses de neige.

Le 25 janvier 1822, des mineurs de Freyberg racontèrent à Lampadius que le grésil (petite grêle) qui tombait pendant un orage était lumineux quand il arrivait à terre.

Pour qu'on ne s'égare pas en cherchant l'explication de ce phénomène ; pour qu'on n'essaie pas d'en trouver la cause dans des propriétés qui appartiendraient spécialement à l'eau liquide et à l'eau gelée, j'avertirai qu'on a aussi observé des pluies de poussière lumineuses.

Ainsi, la poussière, fine comme du tabac d'Espagne, qui tombait sur la ville de Naples et sur les environs pendant l'éruption du Vésuve de l'année 1794, émettait une lumière phosphorique pâle, mais bien visible la nuit. Un Anglais, M. James, qui se trouvait dans une chaloupe près de Torre del Greco, remarqua que son chapeau, celui des matelots et les parties de la voile où la poussière s'était rassemblée, répandaient surtout une lueur sensible.

CHAPITRE XXXII.

GÉOGRAPHIE DES ORAGES.

Y A-T-IL DES LIEUX OU IL NE TONNE JAMAIS? — QUELS SONT LES LIEUX OU IL TONNE LE PLUS? — TONNE-T-IL AUJOURD'HUI AUSSI SOUVENT QUE DANS LES SIÈCLES PASSÉS? — DES CIRCONSTANCES LOCALES INFLUENT-ELLES SUR LA FRÉQUENCE DE CE PHÉNOMÈNE? TONNE-T-IL TOUT AUTANT EN PLEINE MER QU'AU MILIEU DES CONTINENTS? — QUELLE EST DE NOS JOURS, QUANT A LA FRÉQUENCE, LA DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DES ORAGES?

La botanique, la zoologie, l'entomologie, etc., ont donné lieu à de curieuses, à d'importantes classifications géographiques. On aurait donc quelque droit d'être surpris si je n'essayais pas de faire aussi la géographie des orages. A défaut d'une solution satisfaisante des questions dont je viens de tracer l'énoncé, je montrerai du moins la marche qu'il faudra suivre quand on aura recueilli des documents suffisants.

Première question. — Y a-t-il des lieux où il ne tonne jamais?

Pline (*Hist. nat.*, liv. II, § 52) dit qu'il ne tonne pas en Égypte. Aujourd'hui il tonne beaucoup à Alexandrie et trois ou quatre fois par an au Caire.

Dans le *Traité de la Superstition* de Plutarque on lit: « Celui qui ne navigue point ne craint point la mer; celui qui ne suit pas les armes ne redoute point la guerre; ni les voleurs de chemins, celui qui ne bouge de sa maison... ni le tonnerre, celui qui demeure en Æthiopie. »

Je ne suis guère disposé à croire que du temps de Plutarque il ne tonnait jamais au sud de l'Égypte, comme

l'insinue le passage qu'on vient de lire. En tout cas, les choses seraient bien changées. Puisqu'il tonne quelquefois au Caire, puisqu'il tonne beaucoup en Abyssinie, à Gondar, par exemple, j'ose affirmer, quoiqu'en ce moment je n'aie sous les yeux aucune observation directe, qu'il tonne dans toute l'étendue de l'ancienne Æthiopie.

Si je ne puis pas citer un seul point situé dans les régions chaudes ou tempérées de l'ancien continent où il ne tonne jamais, il en sera tout autrement de l'Amérique.

Les habitants de Lima (Pérou) (lat. 12° sud, longit. 79 degrés et demi ouest) qui n'ont pas voyagé, ne se font aucune idée du tonnerre. Nous pouvons ajouter qu'ils ne connaissent pas davantage les éclairs, car les éclairs sans bruit eux-mêmes ne sillonnent point l'atmosphère souvent embrumée, mais jamais couverte de véritables nuages, du bas Pérou.

Passons maintenant des régions chaudes aux zones glaciales.

En 1773, de la fin de juin à la fin d'août, le *Race Horse*, commandé par le capitaine Phipps, navigua constamment dans les mers du Spitzberg. Pendant cet intervalle de deux mois d'été, on n'entendit pas le tonnerre une seule fois; on n'aperçut pas un seul éclair.

Mon ami le révérend docteur Scoresby, jadis si célèbre comme capitaine baleinier, et à qui l'on doit une si intéressante description des phénomènes des mers polaires, rapporte que pendant ses nombreux voyages il n'a aperçu d'éclairs, au delà du 65° de latitude, que deux fois.

Il ne croit pas que jamais on ait vu éclairer au Spitzberg.

M. Scoresby ne mentionne pas une seule fois le tonnerre comme ayant été entendu dans les mers polaires.

Pendant la tentative faite en 1827 par le capitaine Parry pour atteindre le pôle nord, le voyage sur la glace avec les bateaux-traîneaux dura du 25 juin au 10 août, et fut compris entre 81° 15′ et 82° 44′ de latitude.

Le capitaine Parry ne vit jamais d'éclairs, n'entendit jamais le tonnerre.

Le navire *l'Hécla* resta à l'ancre, au Spitzberg, du 20 juin au 28 août, dans l'*Hecla-Cove*, par 79° 55′ de latitude nord ; aucun des observateurs n'entendit le tonnerre ni ne vit d'éclairs.

L'Hécla, enfin, avait navigué dans ces mers glaciales, du 1er mai au 19 juin, entre 71° 28′ et 79° 59′ de latitude. Du 28 août au 16 septembre, le même navire traversa la zone comprise entre le 80e et le 62e parallèle. On ne vit pas plus d'indices d'orages dans cette troisième période du voyage que dans les deux autres.

D'après l'ensemble de ces documents, il est permis d'affirmer qu'en pleine mer ou dans les îles il ne tonne jamais au delà du 75e degré de latitude nord.

Les observations du capitaine Ross viennent à l'appui de ce résultat. En 1818, les bâtiments commandés par cet officier se maintinrent depuis le commencement de juin jusqu'à la fin de septembre (dans le détroit de Davis ou dans la baie de Baffin), entre 64° et 76 degrés et demi de latitude nord. Les tableaux météorologiques correspondant à cette saison d'été ne font mention ni d'un seul éclair, ni d'un seul coup de tonnerre.

Nous pourrons, à l'aide des observations du capitaine

Parry, étendre à des régions situées fort avant dans les continents la règle que nous n'avons jusqu'ici eu le droit d'appliquer qu'aux îles et à la pleine mer.

Les tableaux météorologiques du premier voyage de l'intrépide navigateur à la baie de Baffin, au détroit de Barrow et à l'île Melville, commencent au mois de juin 1819 et s'étendent jusqu'en septembre 1820 inclusivement. Il y a donc là deux saisons d'été, deux saisons à orages. Dans deux étés, dans deux saisons à orages passées entre 70 et 75° de latitude nord, on n'entendit pas le tonnerre une seule fois, on ne vit pas un seul éclair.

Plaçons-nous un tant soit peu en deçà du 70e parallèle de latitude, le tonnerre sera déjà très-rare ; à peine l'entendra-t-on une fois dans l'année ; mais enfin, il ne sera plus permis de dire d'une manière absolue qu'on a dépassé la région des orages.

Les tableaux météorologiques du second voyage du même officier à la baie de Baffin embrassent l'intervalle compris entre le 1er juin 1821 et le 30 septembre 1823, c'est-à-dire vingt-huit mois, parmi lesquels se trouvent trois périodes complètes des mois d'été ou des mois à orages. Dans ce long intervalle et par des latitudes toutes un peu inférieures à 70°, je trouve cette indication, mais celle-là seulement : 7 août 1821, quelques éclairs et quelques coups de tonnerre.

La latitude, le 7 août, devait être d'environ 65°.

Au fort Franklin, latitude 67 degrés et demi nord, longitude 123 degrés un cinquième ouest de Greenwich, du commencement de septembre 1825 à la fin d'août 1826, c'est-à-dire en une année entière, M. le capitaine Franklin

et ses compagnons de voyage n'entendirent le tonnerre qu'un seul jour, le 29 mai 1826.

Les tableaux météorologiques de la même station, pour l'intervalle compris entre le commencement de septembre 1826 et le milieu de mai 1827, ne signalent qu'un jour de tonnerre : le 11 septembre 1826.

Pendant sa pénible expédition dans les régions septentrionales de l'Amérique, le capitaine Back éprouva, au commencement d'août 1834, un violent orage avec éclairs et tonnerres, à la pointe Ogle, par 60 degrés un tiers de latitude nord et 97 degrés un tiers de longitude occidentale.

L'Islande est souvent citée comme un pays où il ne tonne jamais. Le mot *jamais* devra être changé. M. Thortensen, médecin dans cette île, a bien voulu m'adresser les précieuses observations météorologiques qu'il a faites, à Reikiavick (latitude 65°), depuis le 21 septembre 1833 jusqu'au 30 août 1835. Dans cet intervalle d'environ deux ans, je trouve un jour, le 30 novembre 1833, où l'on a entendu le tonnerre !

Deuxième question. — Quels sont les lieux où il tonne le plus ?

Quoique nous ayons pu citer un pays (le Bas-Pérou), situé dans les régions équinoxiales, où il ne tonne jamais, c'est dans ces régions en moyenne, qu'il tonne le plus. On verra, en effet, dans le tableau numérique par lequel ce chapitre devra naturellement se terminer, qu'en France, en Angleterre, en Allemagne, le nombre moyen annuel des jours de tonnerre, s'élève rarement à vingt, tandis qu'à Rio-Janeiro et dans l'Inde, on en trouve au delà

de 50. M. Boussingault, qui a fait un voyage si curieux dans les Cordillères, pense que, dans la zone équinoxiale, tous les jours de l'année, probablement à toutes les heures, il se fait dans l'air une continuité de décharges électriques, et il admet qu'un observateur placé à l'équateur, s'il était doué d'organes assez sensibles, y entendrait constamment le bruit du tonnerre.

Troisième question. — Tonne-t-il aujourd'hui aussi souvent que jadis?

Les météorologistes qui veulent comparer l'état ancien à l'état moderne du globe, sous le rapport de la température, de la pluie, de la pression atmosphérique, du magnétisme, etc., échouent dans leurs recherches, parce que le point de départ leur manque absolument, parce que l'antiquité ne possédait ni thermomètre, ni udomètre, ni baromètre, ni boussole d'aucune espèce, etc. La question que le titre de ce paragraphe signale était plus simple; ici les instruments ne semblaient pas nécessaires. Si, au lieu de disserter longuement et bien inutilement sur la cause physique du météore, Pline, Sénèque, etc., s'étaient abaissés à nous dire combien de jours, terme moyen, il tonnait par an, à Rome, à Naples, etc., ces chiffres, rapprochés de ceux qui se trouvent consignés dans quelques tableaux météorologiques de notre époque, conduiraient à de curieux résultats. Il n'y a évidemment aucun moyen de suppléer à ces données; j'ai pensé, toutefois, qu'il me serait permis de chercher dans le recensement des coups foudroyants cités par les historiens, non assurément une solution réelle de la question soulevée, mais un simple aperçu, mais un léger indice qui, dans le

doute, pourrait nous porter à faire pencher la balance d'un côté plutôt que de l'autre.

Hérodote dit (livre VII, *Polymnie*) : « Xerxès, serrant de près l'Ida, situé à sa gauche, atteignit le territoire de Troie. La première nuit qu'il campa au pied de cette montagne, le tonnerre et les éclairs assaillirent son armée et lui tuèrent beaucoup d'hommes. On arriva ensuite au Scamandre, etc., etc. »

On verra bientôt, d'après les renseignements que j'ai recueillis, qu'il ne tonne pas plus aujourd'hui dans l'Asie Mineure que dans les climats d'Europe. Or, je doute fort que le tonnerre ait jamais figuré, au ministère de la guerre, parmi les causes d'affaiblissement de nos armées; je doute qu'aucun de nos généraux ait eu l'occasion de parler, comme le fait Hérodote, de la perte de beaucoup d'hommes occasionnée par ce météore.

Pausanias rapporte qu'à l'époque où une armée lacédémonienne campait sous les murs d'Argos, beaucoup de soldats furent foudroyés.

J'ai acquis la preuve que, de nos jours, le nombre et l'intensité des orages sont peu considérables dans l'Attique et le Péloponèse. Le récit de Pausanias, comme celui d'Hérodote, tendrait donc à faire croire que, depuis les temps anciens, il y a eu en Grèce, sous ce rapport, diminution notable. Je dois cependant signaler une circonstance qui atténue l'importance du témoignage de Pausanias, en tant qu'il s'agit ici d'un phénomène atmosphérique annuel : les tonnerres foudroyants dont l'armée lacédémonienne eut tant à souffrir, coïncidèrent avec un épouvantable tremblement de terre.

Pline le naturaliste me fournit ce passage :

« En Italie, on a cessé de construire des tours, pendant la guerre, entre Terracine et le temple de Féronie, parce que toutes étaient renversées par le tonnerre. »

Un grand nombre de tours renversées par le tonnerre! C'est un effet probablement très-supérieur à ce que le météore produit aujourd'hui sur le territoire de Terracine, dans l'espace d'un grand nombre d'années.

En m'étayant de la remarque pleine de justesse, que si l'histoire des anciens peuples est remplie de fables, leur fable d'autre part abonde en événements historiques, il me serait peut-être permis de citer Virgile, Ovide, Properce, pour prouver que le tonnerre faisait jadis plus de victimes que de nos jours. Tandis que l'histoire moderne ne nous présenterait aucun homme de marque foudroyé, nous trouverions dans les trois poëtes, les noms de Salmonée, de Capanée, de Sémélé, de Rémulus, d'Encelade, de Typhon, d'Ajax fils d'Oïlée, d'Esculape, d'Adimante prince de Phlionte, de Lycaon, etc. Les poëtes paraissent-ils une garantie trop douteuse en matière de physique pour figurer ici, je citerai la mort de Tullus Hostilius, d'après l'autorité de Tite-Live et de Denys d'Halicarnasse; la mort de l'empereur Carus, foudroyé dans sa tente vers l'année 283, s'il faut en croire Flavius Vopiscus; la mort de l'empereur Anastase Ier. En suivant Octave Auguste chez les Cantabres, je verrai la foudre sillonnant sa litière, tuer l'esclave qui le précédait pour l'éclairer.

Ctésias dit qu'Artaxercès fit devant lui, à ses risques et périls, une expérience qui consistait à écarter les orages

à l'aide d'une épée plantée en terre. Aujourd'hui, les risques et périls d'une semblable expérience, même pendant nos plus forts orages, seraient si petits que personne n'aurait la pensée d'en tenir note. Ceux donc qui se persuadent, bien à tort je crois, que les anciens auteurs ne renferment rien de hasardé, que toutes leurs paroles étaient passées au creuset d'une raison sévère, trouveront s'ils le veulent, dans le passage de Ctésias, la preuve que jadis les orages avaient une intensité inconnue aux peuples modernes.

Mais cette conclusion ne se fondait pas seulement sur les coups de foudre dont des hommes avaient été victimes; on a prétendu s'appuyer aussi sur ceux, en nombre très-considérable, disait-on, qui avaient frappé les monuments de Rome et des environs. Procédons, autant que possible, à cette énumération.

Les anciens auteurs ont parlé d'un coup de foudre qui frappa les murailles de Velletri comme un indice des hautes destinées auxquelles parviendrait un jour un citoyen de cette ville. On sait qu'Auguste naquit à Velletri.

Suétone dit qu'après le meurtre de César, la foudre endommagea le monument de Julie, sa fille. Il mentionne aussi un coup de foudre qui frappa une portion du palais d'Auguste, sur le mont Palatin.

Suivant le même historien, quelque temps avant la mort d'Auguste, la foudre détruisit la première lettre du nom de cet empereur, dans l'inscription qui se lisait sous sa statue.

Sous le règne de Caligula, la foudre frappa le capitole de Capoue et le temple d'Apollon Palatin à Rome.

La foudre frappa le monument de Drusus, père de Claude, quelques jours avant la mort de cet empereur.

En reconnaissant que chacun des faits historiques qu'on vient de mentionner, serait sans grande valeur, considéré isolément, j'estime qu'ils se fortifient assez l'un l'autre pour donner, dans leur ensemble, une très-légère probabilité à l'idée que, depuis les temps anciens, les orages ont diminué d'intensité.

Le nombre d'exemples de coups de foudre dont les anciens ont cru devoir conserver le souvenir n'est pas, à beaucoup près, aussi grand qu'on l'avait prétendu, quoique les dates mentionnées embrassent un espace considérable. Si l'on voulait comparer ces phénomènes à ceux qui sont arrivés à des époques plus modernes, il faudrait remarquer que l'établissement des paratonnerres a eu pour effet de diminuer le nombre de coups foudroyants.

Sans prétendre donner les éléments précis d'une telle comparaison, je dirai que l'église Sainte-Geneviève fut détruite en partie par la foudre, en 1483; — qu'avant l'établissement d'un paratonnerre sur la tour de Strasbourg, ce magnifique monument était presque tous les ans visité et détérioré par le météore; — que les Invalides reçurent une décharge menaçante, il y a peu d'années; — que c'est à un coup de foudre récent qu'il faut attribuer l'obligation où l'on a été de détruire de fond en comble l'un des clochers de Saint-Denis; — que, dans une étendue de pays très-limitée, située sur le littoral de la Bretagne, M. La Pezlaie a pu enregistrer les coups de foudre dont je vais donner les indications :

Flèche du clocher de Brasport, en 1817;

Clocher de l'église de Crozac, en 1822;

Clocher de l'église paroissiale d'Auray, en 1828;

Flèche du clocher de Pluvigner, en 1831;

Clocher de Locmaria-Plabennec, en 1833;

Église de Saint-Michel à Quimperlé, en 1833;

Clocher de l'église de Plougean, près de Morlaix, en 1843;

Clocher de l'église de Bercran, près de Landerneau, date inconnue.

Quatrième question. — Des circonstances locales influent-elles sur la fréquence du phénomène?

La réponse à cette question ne saurait être douteuse, dès qu'on aura seulement remarqué qu'un pays (le Bas-Pérou), où il ne tonne jamais, correspond précisément, par sa position géographique, aux régions dans lesquelles, en général, il tonne le plus. Toutefois, comme l'absence d'orages dans le Bas-Pérou est accompagnée de l'absence de nuages proprement dits et de leur remplacement par une vapeur singulière, opaque, permanente, connue dans le pays sous le nom de *garrua*, d'autres citations deviennent nécessaires.

Je puise celle qui me paraît devoir occuper le premier rang, dans un ouvrage publié à Glasgow, en 1835, par M. Graham Hutchison, et intitulé: *On meteorology, marsh fevers and ewen's system of equality.*

A la Jamaïque, depuis les premiers jours de novembre jusqu'au milieu d'avril, les sommets des montagnes du Port-Royal commencent à se couvrir de nuages entre onze

heures et midi. A une heure, ces nuages ont acquis leur maximum de densité ; la pluie s'en échappe par torrents, des éclairs les sillonnent dans tous les sens; enfin, le tonnerre auquel ils donnent naissance fait entendre ses sourds roulements jusqu'à Kingston. Vers deux heures et demie, le ciel a repris sa sérénité.

Ce phénomène, dit M. Hutchison, se reproduit tous les jours, pendant cinq mois consécutifs.

Supposons l'observation exacte, et Kingston comptera cent cinquante jours de tonnerre par an, tandis que dans les îles voisines, tandis que dans les points du continent semblablement placés sous le rapport climatologique, le nombre de ces jours de tonnerre ne va pas à cinquante; et l'influence des montagnes de Port-Royal sur la production des orages, sera manifeste pour tout le monde.

Cette permanence des orages de la Jamaïque, à l'égard de laquelle il est bien désirable que la météorologie recueille des documents plus circonstanciés, plus précis, se retrouve, dit-on, sur quelques points du continent voisin. M. Boussingault m'écrit que, dans une certaine saison, il tonne presque tous les jours à Popayan; que dans un mois (le mois de mai) il a lui-même compté plus de vingt jours orageux. Le fait, au reste, avait été déjà remarqué, car personne dans le pays ne conteste aux Popayannais le droit de se vanter « d'avoir le plus puissant tonnerre de la république. »

Au besoin, les régions équinoxiales me fourniraient d'autres exemples analogues. Je pourrais, par exemple, citer, dans les environs de Quito, la vallée de Chillo, dans laquelle, au dire de tous les habitants, il tonne

beaucoup plus que dans les contrées environnantes; mais j'ai hâte de suivre le même phénomène dans nos climats tempérés.

Si l'on jette les yeux sur la table qui termine ce chapitre, on verra qu'en Europe le nombre moyen annuel de jours de tonnerre varie, en masse, assez lentement avec la latitude, pour qu'on dût s'attendre à trouver, à Paris et aux environs d'Orléans, des résultats presque identiques, des résultats différant entre eux de deux ou trois unités au plus. Eh bien, il en est tout autrement.

A Paris, il tonne, terme moyen, quatorze fois par an, tandis qu'à Denainvilliers, entre Pithiviers et Orléans, le nombre moyen des jours de tonnerre est de la moitié plus fort ou s'élève à près de vingt et un.

Ce rapprochement constate une influence locale manifeste, mais dont il faudra chercher la cause ailleurs que dans la forme du terrain, car il serait difficile de citer un pays moins accidenté que celui qui entoure Paris et Orléans.

Cette cause, la trouvera-t-on dans la Loire, dans la vaste forêt d'Orléans, dans la Sologne? C'est une question que je me garderai bien d'aborder en ce moment. Je dirai même que, suivant quelques météorologistes, la nature du terrain peut contribuer aussi à rendre les orages accompagnés de tonnerre plus ou moins fréquents. Voici, à ce sujet, les remarques que M. Lewis-Weston-Dillwyn adressait, en 1803, à M. Luke-Howard :

Est du Devonshire, beaucoup d'orages (peu de mines métalliques);
Devonshire, un peu moins (plus de mines);
Cornouailles, moins encore (pays de mines);

Environs de Swansea, orages très-rares (grande abondance de mines de fer);

Sud de Devon, orages assez fréquents (point de mines);

Nord de Devon, orages notablement moins fréquents qu'au sud (beaucoup de mines de fer, de cuivre et d'étain exploitées).

M. Dillwyn maintenait aussi que les pays calcaires sont ceux où les orages ont le plus de force et de fréquence.

Je n'ai aucun moyen de vérifier les faits sur lesquels M. Dillwyn s'est appuyé. Je rapporte ici son opinion, non que je la croie établie, mais parce qu'elle peut devenir un curieux sujet de recherches.

Ce serait une grande découverte dans la physique du globe que la preuve d'une liaison intime et prononcée entre la nature géologique des terrains et le nombre ou la force des orages; aussi je manquerais presque à un devoir, si je négligeais de citer des lieux autres que le Cornouailles, où cette liaison a aussi été soupçonnée. Voici ce que je lis dans la *Statistique minéralogique et géologique du département de la Mayenne*, par M. Blavier, ingénieur des mines;

« ... Dans le département de la Mayenne, il existe des masses de diorite grenue ou compacte (*grünstein*), qui renferment une proportion notable de fer, et qui agissent sur l'aiguille aimantée. Il nous a été assuré que certaines communes, celle de Niort, par exemple, voyaient toujours les orages les plus menaçants, se dissiper à leur approche, ou les tourner dans certaines directions. Nous pensons que c'est dans l'action (l'action conductrice) de plusieurs masses considérables de diorite qui se montrent

dans cette contrée, qu'il convient de chercher l'explication de ce fait. »

Voici une note que je dois à l'amitié de M. Vicat, et qui vient à l'appui des considérations précédentes :

« En 1807, étant élève des ponts et chaussées, en mission dans les États de Gênes, et chargé d'un tracé de route à travers cette partie de la chaîne des Apennins, qui sépare Plaisance du littoral de la Méditerranée, je me trouvai, par la nature même de mon service, obligé d'habiter pendant plusieurs jours un hameau nommé Grondone. A quelques centaines de pas du hameau, une riche mine de fer se présente sous la forme d'un pic qui semble percer le sol pour s'élever, autant qu'il puisse m'en souvenir, à une trentaine de mètres (plutôt plus que moins). Cette mine, qui rend, dit-on, 70 p. 100, est exploitée et fournit le minerai aux fourneaux d'un bourg nommé les Ferruira. Son élévation au-dessus de la Méditerranée est presque égale à celle de la chaîne apennine, puisqu'elle gît non loin du col qui sépare le versant de cette mer de celui de l'Adriatique.

« Or, voici ce qui est de notoriété publique dans le pays, et ce que j'ai souvent pu vérifier moi-même. Il est rare qu'une seule des chaudes journées de juillet et d'août se passe sans qu'un nuage électrique se forme au-dessus du territoire de Grondone. Ce nuage grossit insensiblement, reste pendant quelques heures comme suspendu sur la mine de fer dont j'ai parlé, puis éclate en se déchargeant sur la mine elle-même.

« Les ouvriers mineurs, avertis par l'expérience, jugent quand il est temps de quitter la place; ils se reti-

rent alors à quelque distance, puis reviennent à leur travail après l'explosion et quand le nuage est tout à fait dissipé. J'ai vu maintes fois le gros nuage de Grondone se former vers midi et tenir bon jusqu'à quatre ou cinq heures du soir, puis donner lieu, après quelques coups de tonnerre, à un petit orage.

« Il est probable qu'il existe sur d'autres points des Apennins des causes particulières qui donnent lieu à de petits orages dont les effets sont très-circonscrits. J'en juge par cette observation, savoir : que par un beau soleil, sans qu'aucun point du ciel visible à l'observateur placé au fond d'une vallée, dans le lit d'un torrent, par exemple, paraisse chargé du moindre nuage, tout à coup cependant un bruit épouvantable annonce l'arrivée d'une masse d'eau bourbeuse qui roule d'énormes pierres et s'avance avec une vitesse qui donne à peine le temps de fuir aux muletiers et aux voyageurs engagés dans ces vallons.

« Il est bon de faire observer que les lits des torrents, le plus souvent à sec, sont les seules routes pratiquées et praticables, dans quelques parties des Apennins. La mine de fer de Grondone se trouve dans une roche de serpentine. »

Le colonel Jackson m'a signalé les environs de Bialystock, en Lithuanie, comme étant en été le théâtre d'orages presque continuels et de coups foudroyants. Ces orages ne durent que deux ou trois heures; le reste du temps, le ciel est d'une sérénité remarquable.

Au surplus, faudrait-il donc tant s'étonner de l'influence que la nature du sol pourrait exercer sur les

orages, lorsqu'on a déjà cru apercevoir qu'elle n'est pas sans effet, sur l'étendue superficielle des averses. En juillet 1808, M. Howard parcourant avec rapidité une certaine partie de l'Angleterre, dans la direction de Londres à Saint-Albans, trouvait successivement la terre ou sèche, ou mouillée par la pluie, suivant qu'elle appartenait à un terrain calcaire ou sablonneux. Ces passages du sec à l'humide se répétèrent trop souvent pour qu'on ne dût y voir qu'un effet du hasard.

Cinquième question. — Tonne-t-il tout autant en pleine mer qu'au milieu des continents ?

J'ai cru devoir examiner si, comme on l'a prétendu sans en administrer la preuve, il tonne moins souvent en pleine mer qu'au centre des continents. Jusqu'ici mes recherches confirment cette opinion. En marquant sur une mappemonde, d'après leurs latitudes et leurs longitudes, tous les points dans lesquels des navigateurs ont été assaillis par des orages accompagnés de tonnerre, il paraît évident, à la simple inspection de la carte, que le nombre de ces points diminue avec l'éloignement des continents. J'ai même déjà quelque raison de croire qu'au delà d'une certaine distance de toute terre il ne tonne jamais. Je présente cependant ce résultat avec toute la réserve possible, car la lecture de tel ou tel voyage pourrait demain venir me prouver que je me suis trop hâté de généraliser. Au reste, pour sortir au plus vite d'incertitude sur ce point, je n'ai pas trouvé de meilleur moyen que de recourir à la complaisance et à l'érudition nautique de M. le capitaine Duperrey. Je place ici la lettre

entière qu'il a bien voulu m'écrire après la publication de la première édition de cette Notice, où je faisais un appel à ses profondes connaissances en météorologie. J'eusse pu reporter à plusieurs chapitres précédents quelques-uns des faits que me signale ce savant navigateur; mais, après y avoir réfléchi, j'ai préféré ne pas scinder les curieux renseignements que contient sa lettre.

Paris, 21 septembre 1838.

« Monsieur, je voudrais pouvoir vous dire tout le plaisir que j'ai éprouvé en lisant les quatre cents dernières pages de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* qui vient de paraître; mais vos moments sont précieux, et si j'ose prendre la liberté d'en disposer un instant, que ce soit du moins pour un motif qui vous paraisse de nature à m'y autoriser.

« La lecture de votre intéressante Notice sur le *Tonnerre* a rappelé à mon souvenir divers faits rares dont j'ai eu le bonheur d'être témoin et que, pour cette raison, je regrette beaucoup de ne pas avoir réunis à ceux que j'ai déjà eu l'honneur de vous communiquer.

« Vous dites (chap. II, p. 12) que, n'étant pas découragé par l'assertion de Saussure, vous vous êtes mis à chercher, dans de vieux recueils météorologiques, si les petits nuages isolés ne produisent jamais ni éclairs ni tonnerre. Voici, à cette occasion, ce que je trouve inséré dans la minute du journal que je tenais à bord de la corvette *l'Uranie*, et dont j'ai donné une copie à M. de Freycinet, à l'époque de notre retour en France :

« Étant dans le détroit d'Ombay, en novembre 1818,

« nous vîmes, un soir, un petit nuage blanc qui lançait la « foudre de tous les côtés. Il montait avec lenteur, malgré « la force du vent, et se trouvait à une grande distance de « tous les autres nuages, qui paraissaient comme fixés à « l'horizon. »

« Voici ce que ma mémoire me permet d'ajouter à ce peu de mots : Le nuage dont il s'agit était d'une forme arrondie et pouvait occuper en surface une étendue égale à la surface apparente du soleil. De tous les points de ce nuage s'échappaient des éclairs en zigzag et une multitude de détonations successives, imitant parfaitement le bruit de la mousqueterie de tout un bataillon auquel on aurait commandé de faire feu à volonté. Ce phénomène, que je n'ai vu qu'une seule fois dans ma vie, ne dura pas moins d'une demi-minute, et le nuage disparut complétement avec les dernières détonations. J'ignore le motif qui a pu déterminer M. de Freycinet à ne pas mentionner cette observation, qu'il a dû trouver dans la copie du journal que j'ai déposée entre ses mains.

« Je dois ajouter ici que, dans le même détroit, nous avons aperçu bon nombre de globes très-lumineux, traversant l'atmosphère dans toutes les directions ; que le tonnerre s'est souvent fait entendre, comme cela, d'ailleurs, est ordinaire dans l'archipel d'Asie ; mais qu'aussi nous avons éprouvé l'effet d'un tourbillon de vent qui, par sa force et le bruit extraordinaire qu'il faisait, nous obligea à carguer toutes les voiles. Ce dernier phénomène fut de peu de durée, et il se manifesta par un temps magnifique et sous un ciel extrêmement pur.

« Voici actuellement un fait qui vient à l'appui de ce

que vous avez annoncé (chap. xxv, p. 133) à l'occasion de l'effet produit par les détonations de la foudre sur la marche des chronomètres. Je le puise dans la partie hydrographique du voyage de *la Coquille*, page 19, mais je le reproduis ici en lui donnant plus de développement.

« Ainsi qu'on a pu le voir dans l'ouvrage cité, les montres marines dont nous étions munis avaient été réglées à Amboine, et leur marche diurne avait été fixée, le 27 octobre 1823, de la manière suivante :

« N° 118 de Louis Berthaud. — 5ˢ.3.
« N° 160 *idem.* — 26ˢ.2.
« N° 26 de Motel. . . . . . + 10ˢ.1.

« En partant d'Amboine, pour nous rendre au Port-Jackson, je dirigeai la corvette de manière à prendre connaissance de Timor et des îles Savu. Dans ce premier trajet, et notamment en vue de Timor, de fréquents orages, dans lesquels la foudre éclatait souvent avec un fracas extrême auprès du bâtiment, sont venus nous assaillir. La conséquence de ces orages est qu'à notre arrivée auprès des îles Savu, dont la différence en longitude avec Amboine avait été très-exactement déterminée, en 1792, dans le voyage de d'Entrecasteaux, aucune de nos montres ne s'est trouvée en état d'en fixer la position. Leur marche diurne observée à Amboine n'était plus la même. Ces montres, qui jusqu'alors nous avaient habitués à compter sur la longitude à moins de 5 minutes de degré près, étaient en erreur aux îles Savu de 15 à 40 minutes; et, plus tard, à notre arrivée au Port-Jackson,

elles nous ont placés à plus de 40 lieues dans l'intérieur de la Nouvelle-Hollande.

« Réglées pendant notre séjour au Port-Jackson, voici quelle a été leur nouvelle marche diurne, le 19 janvier 1824 :

« N° 118.	+	7'.0.
« N° 160.	—	18'.7.
« N° 26.	+	27'.6.

« C'est-à-dire qu'elles ont toutes les trois accéléré leur mouvement ; et comme cette nouvelle marche diurne donne avec exactitude la différence en longitude qui existe entre Savu et le Port-Jackson, nous ne pouvons attribuer le changement survenu dans leur marche observée à Amboine qu'aux violents orages qui, dans les parages de Timor, ont été si bruyants et si multipliés autour de la corvette [1].

« Je n'ai jamais été témoin des effets de la foudre sur les aiguilles des boussoles ; mais je n'en conseille pas moins aux navigateurs d'avoir une boussole d'inclinaison et de la mettre en expérience immédiatement après le choc de la foudre sur le navire. L'on sait qu'en tournant l'instrument jusqu'à ce que l'inclinaison de l'aiguille soit un *minima*, on a, dans la pointe qui plonge sous l'horizon, la direction de celui des deux pôles qui est toujours de même dénomination que la latitude magnétique du

1. Du 16 au 17 août 1824, M. de Bougainville étant dans le détroit de Malacca, éprouva un violent orage durant lequel le tonnerre éclata si près de la frégate que les roses des compas d'habitacle firent une révolution entière.

lieu de l'observation. Cette opération, à laquelle j'ai souvent eu recours durant le voyage de *la Coquille*, est indispensable lorsque le ciel reste longtemps couvert après l'orage, et que l'on se trouve auprès d'une côte ou au milieu des îles d'un archipel.

« Je trouve, dans les *Tableaux des routes de la corvette la Coquille, etc.*, que j'ai publiés en 1829, un exemple de la distance extraordinaire à laquelle on peut apercevoir la lueur des éclairs. Ce fait, que je crois vous avoir communiqué, vient naturellement s'ajouter à ceux du même genre dont vous avez si bien expliqué la cause. (Voir chapitre XXXVII, p. 221.)

« Dans la soirée du 6 mars 1823, étant entre les parallèles de Lima et de Truxillo, et à environ 30 lieues dans l'ouest de la côte, nous vîmes des éclairs très-brillants dans l'est et le nord-ouest, au terme de l'horizon. Le vent était au sud-sud-est, le temps magnifique et le ciel d'une pureté remarquable. Le tonnerre ne se fit point entendre. L'on sait, en effet, depuis très-longtemps, qu'il ne tonne jamais sur les côtes du bas Pérou; mais l'on sait aussi, d'après Antonio de Ulloa, qu'il n'en est point ainsi à 30 lieues dans l'intérieur de cette contrée. Il est donc permis d'admettre que les éclairs, dont nous avons vu la lueur dans notre atmosphère de *la Coquille*, avaient pris naissance au milieu de nuages orageux situés à environ 60 lieues de distance.

« Voici un événement occasionné par le tonnerre, dont je n'ai point été témoin, mais dont je puis garantir l'authenticité. La corvette *la Coquille*, dont je pris le commandement en 1821, n'avait été employée jusqu'alors

que comme transport de l'État, et, à ce titre, l'administration n'avait pas jugé à propos de la munir d'une chaîne de paratonnerre. Ce bâtiment était au mouillage dans le golfe de Naples, lorsqu'un jour la foudre tomba à bord, sans toucher à la mâture, et pénétra dans la cale, d'où elle n'est sortie qu'après s'être fait jour au travers des bordages de la partie submergée de la carène. La voie d'eau était tellement considérable qu'il en serait résulté la perte du navire, si, au signal de détresse qui fut immédiatement arboré, les embarcations du port de Naples, auxquelles se réunirent tous les bateaux qui étaient occupés à la pêche dans les environs, n'étaient venues, avec célérité, la prendre à la remorque et la conduire au rivage, où il était grand temps qu'on l'échouât.

« Vous m'avez invité plus spécialement à m'expliquer sur deux questions auxquelles je suis plus honoré d'avoir à répondre que satisfait de la réponse que j'ai à vous adresser.

« Si j'examine l'ensemble des matériaux que nous possédons sur la matière, je suis porté à admettre avec vous que les orages sont moins fréquents en mer que sur terre; qu'en conséquence, il pourrait y avoir, à toute distance des îles et des continents, des lieux où il ne tonnerait jamais. Mais je vois aussi qu'il existe des anomalies qui viennent modifier toutes mes prévisions et contre lesquelles j'ai besoin de me tenir en garde. Un navigateur qui part des îles Moluques ou des îles de la Sonde, où le tonnerre se fait entendre pour ainsi dire tous les jours de l'année, doit naturellement se trouver fort à son aise dès qu'il s'éloigne de ces îles assourdissantes. Mais un habi-

tant de Lima qui aurait eu la fantaisie de nous accompagner jusqu'aux îles de la Société, aurait éprouvé une impression contraire; car il aurait entendu, pour la première fois de sa vie, éclater la foudre pendant trois jours consécutifs, alors que nous étions à 600 lieues du Pérou, à 600 lieues à l'est de Taïti, et à près de 230 lieues dans le nord-ouest de la petite île de Pâques.

« Il résulte de vos nombreuses recherches qu'il ne tonne pas dans les régions glaciales de notre hémisphère. Je pense qu'il en est ainsi dans les régions glaciales de l'hémisphère opposé, à moins d'être autorisé, par le *Dictionnaire synonymique* de Lavaux, à prendre le mot orage dans sa véritable acception, auquel cas le tonnerre aurait été entendu par Cook, le 23 février 1773, étant par 61° 52′ de latitude sud et 93° de longitude est.

« Je fis, » dit ce célèbre navigateur, « de petites bor-« dées pendant la nuit, qui était extrêmement orageuse. »

« L'on sait que plusieurs hommes de l'équipage de l'amiral Anson furent grièvement blessés par la foudre à bord du *Centurion*, étant au large et dans l'ouest du détroit de Magellan; néanmoins, je crois pouvoir déduire des voyages de Cook, de Bellingshausen et de celui de *l'Uranie*, qu'il ne tonne pas sur le parallèle du cap Horn, au milieu du grand Océan Austral, où se trouve le point le plus éloigné de toute terre. Ce point est à environ 560 lieues de l'île Oparo, de l'île Antipode, de l'île de Pâques et des îles de Pierre Ier et d'Alexandre Ier.

« J'ai la presque certitude qu'il ne tonne que bien rarement sur la route qui conduit en ligne droite du cap de Bonne-Espérance aux îles de Sainte-Hélène et de l'Ascen-

sion. Ici, la mer aurait cela de commun avec l'île de Sainte-Hélène, où l'on peut affirmer que la cendre de Napoléon ne sera jamais troublée par la foudre. Mais il n'en est pas de même de toutes les autres parties de l'Océan Atlantique, du Grand Océan et de la mer des Indes, comprises dans les régions tempérées.

« Il tonne à 240 lieues dans l'est des côtes du Brésil et de la Patagonie; il tonne sous la ligne équinoxiale, entre l'Afrique et l'Amérique. Le point le plus isolé dans l'Océan Atlantique boréal est par 25° nord et 45° ouest; il est à 380 lieues des Antilles, de la Guyane, des îles du Cap-Vert, des Açores et des Bermudes : il y tonne. La foudre et les éclairs se manifestent également à 200 et 240 lieues au sud du cap de Bonne-Espérance, de la Nouvelle-Hollande, de la Nouvelle-Zélande et de l'île de Pâques. Et, si nous consultons les voyages de La Peyrouse, de Dixon, de Mears et de M. de Freycinet, nous retrouvons les mêmes phénomènes, non moins brillants que partout ailleurs, non-seulement à plus de 250 lieues au nord-est des îles Mariannes, comme à plus de 300 lieues au nord des îles Sandwich, mais encore par 40° de latitude nord et 180° de longitude, précisément dans la partie centrale du Grand Océan boréal, où l'on se trouve à toute distance du Japon, des îles Aleutiennes et de la côte nord-ouest de l'Amérique septentrionale. Je dis à toute distance, parce qu'il n'existe pas sur le globe, en y comprenant même les régions glaciales, un seul point de la surface de la mer qui soit à plus de 600 lieues de toute terre, et que les lieux dont je viens de parler, sur lesquels les navigateurs semblent s'être donné le mot pour y voir briller la foudre,

sont à cette distance des grandes terres environnantes.

« Remarquons, avant de terminer, que les navigateurs dont les observations nous sont parvenues, sont d'autant moins nombreux que la plupart nous laissent dans l'incertitude de savoir ce qu'il faut penser des violents orages, des temps orageux dont ils ont si souvent l'occasion de parler, quel que soit le lieu où ils se trouvent. La question de savoir ce que les marins entendent par orage n'est pas facile à résoudre. Voici néanmoins un passage de Dixon qui semble devoir nous éclairer. Ce navigateur, en s'éloignant de Noatka, s'exprime ainsi :

« Le 26 septembre 1786, vers trois heures du matin, « nous eûmes un orage très-fort et une grosse pluie : les « coups de tonnerre étaient affreux, les éclairs si fréquents « et si vifs, que ceux de nos gens qui étaient sur le pont « en furent aveuglés pour un temps considérable ; chaque « éclair laissait après lui une odeur de soufre très-désa« gréable..... L'orage s'apaisa vers six heures du matin. »

« Il est bien évident que si le tonnerre et les éclairs avaient été plus modérés, Dixon n'en aurait rien dit, et nous serions encore à savoir ce qu'il entendait par orage.

« Mais voici des passages extraits des voyages du capitaine Mears qui nous laissent dans le doute. Le capitaine Mears, commandant *la Felice* en 1788, se rendant de Samboingan à la côte nord-ouest d'Amérique, éprouva de violents orages.

« Ce temps, » dit-il, « continua d'être orageux jusqu'au « 17 avril, que le vent sauta à l'est-sud-est et souffla avec « plus de violence encore. »

« Plus loin il ajoute : « Le matin du 24, le vent tourna

« au sud et à l'est, présage certain d'un temps orageux.
« A midi, il souffla si violemment que nous fûmes obligés
« de ferler toutes nos voiles ; et, jusqu'à trois heures de
« l'après-midi, nous eûmes à souffrir de l'ouragan le plus
« rude que nous pussions nous souvenir d'avoir jamais
« essuyé. Les oiseaux nous avaient abandonnés dès le
« commencement de l'orage. »

« De tous les voyages, et je ne parle ici que des voyages maritimes, je ne vois réellement que ceux de Dampier, de Cook, de La Peyrouse, de Dixon, de Vancouvert, de la corvette *l'Uranie*, et peut-être aussi celui de *la Coquille*, dans lesquels on a tenu compte assez régulièrement des apparitions du phénomène qui nous occupe. Je ne citerai pas ceux qui n'en disent presque rien, mais je ne puis m'empêcher de faire ici une remarque imitée de celle que vous avez fait parvenir à l'adresse du rédacteur des tableaux météorologiques de la Société Royale de Londres (Voir plus loin, page 187.); c'est que le capitaine Lutké, commandant la corvette russe *le Séniavine*, étant venu prendre ses instructions scientifiques à Londres, en 1826, au début de son voyage autour du monde, se trouve être dans le même cas que le météorologiste de la Société Royale. Il s'est donné, comme lui, la peine d'exprimer, par des signes particuliers, tous les mots de la science en question, et malheureusement, le sort veut que les mots tonnerre et éclairs soient précisément ceux qu'il a oubliés.

« Pour en finir, je dirai donc qu'il existe, tant en mer qu'à terre, des parages où il ne tonne jamais ; mais j'ajouterai aussi qu'il existe en plein océan des parages où il tonne, quelle que soit leur distance de la terre.

« Quant à savoir s'il en est des régions tempérées comme de la zone torride, où les orages sont presque toujours d'autant moins fréquents que l'on s'éloigne davantage des terres, je crois que la question est difficile à résoudre, en raison non-seulement du trop petit nombre de voyageurs que nous pouvons consulter, mais encore du hasard qui ferait que chaque navigateur se serait trouvé en un lieu quelconque de la mer, l'un des vingt jours de l'année qui forment le terme moyen des jours de tonnerre observés dans les continents.

« Pardonnez-moi, Monsieur, si j'ai osé vous écrire aussi longuement et avec si peu de méthode sur un sujet que vous venez de traiter d'une manière inimitable. Le but que je me suis proposé d'abord est peut-être motivé dans les premiers alinéas de cette lettre. Quant au reste, je suis tenté de me déclarer incompétent, car en me relisant, je me suis aperçu, mais trop tard, que la question principale qui en est l'objet me semble, malgré tous les renseignements déjà recueillis, devoir être encore l'objet de nouvelles observations et de profondes études.

« Veuillez agréer, etc.

« L.-J. Duperrey. »

Laissant de côté la question de savoir quelles sont les régions maritimes où il ne tonne jamais, je puis être complétement affirmatif sur le fait de la diminution des orages en mer. Je trouverai, par exemple, une preuve démonstrative de cette diminution dans l'intéressant voyage publié par M. le capitaine Bougainville.

La frégate *la Thétis*, commandée par cet officier, quitte la rade de Tourane (Cochinchine) vers le milieu de février 1825, et fait voile pour Sourabaya, situé à l'extrémité sud-est de Java. Pendant cette traversée, à peine essuie-t-elle un orage accompagné de tonnerre. Elle arrive enfin, et pendant son séjour dans la rade (du 19 au 30 avril), le tonnerre ne cesse de gronder tous les après-midis. *La Thétis* fait voile le 1er mai pour le Port-Jackson. Pendant plusieurs jours elle se maintient presque exactement sur le parallèle de Sourabaya. Toutefois, à peine a-t-elle perdu de vue les terres de Java, que le tonnerre cesse de se faire entendre. En résumé, avant d'atteindre Sourabaya, les météorologistes de *la Thétis* n'ont aucun coup de tonnerre à enregistrer; pendant le séjour dans la rade et jusqu'à l'époque de l'appareillage, il tonne presque tous les soirs; après le départ du navire l'équipage n'entend plus rien. L'épreuve ne saurait être plus complète. Disons cependant de nouveau que la conséquence qui en découle est largement confirmée par l'ensemble des observations recueillies dans toutes les régions du globe. Ainsi, l'atmosphère océanique est beaucoup moins apte à engendrer des orages que celle des continents et des îles.

Sixième question. **— Quelle est de nos jours, quant à la fréquence, la distribution géographique des orages?**

Ce paragraphe, comme son titre l'indique suffisamment, doit se composer d'un extrait des tableaux que les météorologistes ont formés dans toutes les régions du globe. Si ces tableaux étaient plus nombreux, plus complets,

plus précis, je n'aurais eu à faire qu'une simple compilation ; malheureusement le travail n'était pas aussi simple. Celui qui, sans examen, recueillerait de toute main, s'exposerait aux plus graves méprises. Un ou deux exemples expliqueront ma pensée.

Les tableaux météorologiques de la Société royale de Londres ont été longtemps cités comme des modèles. On y trouve, indépendamment des observations journalières du thermomètre et du baromètre, la mesure de la pluie, la direction du vent, une indication minutieuse des jours sereins, des jours nuageux, des jours de brouillard, des jours où il a bruiné. Jamais ou presque jamais on n'y fait mention du tonnerre. En songeant à la grande importance de ce météore, comparé aux phénomènes atmosphériques qui sont scrupuleusement enregistrés, on serait en vérité autorisé à croire qu'il ne tonne jamais à Londres. Il y tonne, cependant, et presque autant qu'à Paris. Si les tableanx n'en font pas mention, c'est tout simplement que ce phénomène n'a pas fixé l'attention du météorologiste de la Société royale, c'est que son travail a toujours été incomplet.

De pareilles lacunes existent dans les collections académiques des États-Unis d'Amérique. Elles sont d'autant moins excusables que ce pays est dans une position exceptionnelle; que le nombre et l'intensité des orages y surpassent de beaucoup ce qu'on observe en Europe par des latitudes correspondantes. Le pis de ces négligences (je ne les qualifierai pas d'un nom plus sévère), c'est qu'en se les permettant sans en avertir, on expose la science à faire fausse route.

Dans la table qui suit je me suis attaché, autant que cela dépendait de moi, à rapporter des observations sur l'exactitude desquelles on pût compter. J'y ai classé les villes d'après le nombre moyen des coups de tonnerre qu'on y entend, et non pas, ce qui par le fait serait très-différent, d'après les latitudes géographiques. Quand les éléments du calcul ne m'ont pas manqué, j'ai indiqué par des nombres entiers ou fractionnaires [1] la distribution des orages dans les divers mois de l'année. Je veux, je dois attendre, avant de me livrer à une discussion minutieuse de tous ces chiffres, que la table soit plus complète. L'intérêt d'une semblable discussion ne soulèvera de doute dans l'esprit de personne, si seulement on se donne la peine de remarquer que, sans dépasser la zone tempérée, les mois pendant lesquels il tonne le plus dans certains lieux sont précisément ceux où il tonne le moins dans d'autres.

§ 1er.

jours.

Calcutta (latit. 20° 1/2 N.; longit. 86° E.). 60

1 seule année d'observations, l'année 1785.

Répartition des 60 jours de tonnerre :

1. Pourquoi des nombres fractionnaires dans une question qui, de prime abord, ne semble devoir comporter que des nombres entiers? La réponse est toute simple : 0.3 placé vis-à-vis de février, signifie que dans ce mois il tonne 3 fois en dix ans; 0.1 emporte la conséquence que dans le même intervalle de dix ans, il ne tonne qu'une fois en novembre, etc., etc. Pour avoir, à Paris, le nombre moyen des jours de tonnerre de septembre entre 1806 et 1815, on a additionné le nombre des manifestations de ce météore durant les mois de septembre de ces dix années consécutives. La somme totale étant de 15, il a bien fallu, en divisant cette somme par 10, tomber sur le nombre fractionnaire 1.5.

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0	Février	4	Mars	6
Avril	5	Mai	7	Juin	8
Juillet	6	Août	10	Septembre	9
Octobre	5	Novembre	0	Décembre	0

§ 2.

jours.

Patna (dans l'Inde) (latit. 25° 37′ N.)................ 53

1 seule année d'observations de M. Lind.

Ces 53 jours de tonnerre ont été renfermés entre mai et décembre inclusivement.

§ 3.

jours.

Rio-Janeiro (latit. 23° S.; longit. 45° 1/2 O.).......... 50.6

6 années d'observations de M. Dorta (de 1782 à 1787.)

Extrêmes : 38 en 1786 et 77 en 1782.

Répartition par mois de ces 50.6 jours d'orage annuels :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	10.2	Février	9.3	Mars	4.0
Avril	1.7	Mai	0.8	Juin	0.7
Juillet	1.3	Août	1.1	Septembre	2.8
Octobre	3.7	Novembre	6.0	Décembre	9.0

§ 4.

jours.

Maryland (États-Unis) (latit. 39° N.; long. 79° O.)........ 41

1 seule année d'observations de M. Richard Brooke.

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0	Février	0	Mars	5
Avril	1	Mai	10	Juin	8
Juillet	11	Août	5	Septembre	0
Octobre	1	Novembre	0	Décembre	0

§ 5.

jours.

Ile de la Martinique (latit. 14° 1/2 N.; longit. 63° 1/2 O.).... 39

Il ne tonne jamais à la Martinique pendant les mois de janvier, février, mars et décembre. C'est en septembre qu'il tonne le plus souvent.

§ 6.

	jours.
.... (Abyssinie) (latit. 13° N.; long. 35° E.)	38

1 seule année d'observations de Bruce (1770).

Répartition par mois :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.0	Mars	4.0
Avril	4.0	Mai	6.0	Juin	7.0
Juillet	3.0	Août	6.0	Septembre	4.0
Octobre	4.0	Novembre	0.0	Décembre	0.0

§ 7.

	jours.
Ile de la Guadeloupe (latit. 16° 1/3 N.; long. 64° O.)	37

Il ne tonne jamais dans cette île pendant les mois de janvier, février, mars et décembre.

Le mois de septembre est celui pendant lequel il tonne le plus souvent.

§ 8.

	jours.
Viviers, dép. de l'Ardèche (latit. 47° 1/2 N.; longit. 2° 1/3 E.)	24.7

10 années, de 1807 à 1816.

Extrêmes : 14 en 1814 ; 35 en 1811.

Répartition par mois des 24.7 jours d'orage annuels :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.1	Mars	0.6
Avril	2.2	Mai	4.0	Juin	3.4
Juillet	5.1	Août	3.4	Septembre	3.1
Octobre	2.2	Novembre	0.6	Décembre	0.0

§ 9.

	jours.
Québec (Canada) (latit. 46° 3/4 N.; longit 73° 1/2 O.)	23.3

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.0	Mars	0.0
Avril	0.6	Mai	2.5	Juin	5.5
Juillet	8.0	Août	5.0	Septembre	1.0
Octobre	0.5	Novembre	0.1	Décembre	0.1

§ 10.

Buenos-Ayres (latit. 34° 1/2 S. long. 60° 3/4 O.). . . . . . . jours. 22.5
7 années d'observations de M. Mossotti.
Répartition suivant les mois :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	1.9	Février	2.6	Mars	2.1
Avril	1.8	Mai	1.7	Juin	1.1
Juillet	1.3	Août	1.0	Septembre	2.9
Octobre	2.3	Novembre	1.8	Décembre	2.0

§ 11.

Denainvilliers, près Pithiviers (Loiret) (latit. 48° N.; longit. 0°). jours. 20.6
24 années d'observations de Duhamel (entre 1755 et 1780).

Extrêmes : 15 en 1765; 32 en 1769.

Répartition, par mois, de 20.6 jours de tonnerre :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.1	Février	0.1	Mars	0.5
Avril	1.6	Mai	3.6	Juin	4.5
Juillet	4.4	Août	3.5	Septembre	1.5
Octobre	0.5	Novembre	0.3	Décembre	0.0

§ 12.

Smyrne (latit. 38° 1/2; longit. 24° 3/4 E.) . . . . jours. 19
1 seule année d'observations de M. de Nerciat.
Répartition dans les divers mois :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	2.0	Février	4.0	Mars	4.0
Avril	1.0	Mai	1.0	Juin	0.0
Juillet	0.0	Août	0.0	Septembre	3.0
Octobre	0.0	Novembre	1.0	Décembre	3.0

§ 13.

Berlin (latit. 52° 1/2 N.; longit. 11° E.). . . . . jours. 18.3
15 années d'observations de Béguelin, de 1770 à 1785.

Extrêmes : 11 en 1780, 30 en 1783.

Répartition, par mois, des 18.3 jours d'orage annuels :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.0	Mars	0.1
Avril	0.6	Mai	2.6	Juin	3.9
Juillet	4.2	Août	5.3	Septembre	1.3
Octobre	0.1	Novembre	0.1	Décembre	0.1

§ 14.

Padoue (latit. 45° 1/3 N.; longit. 9° 1/2 E.). . . . . 17.3 jours.

4 années d'observations, de 1780 à 1783.

Répartition, par mois, de ces 17.3 jours de tonnerre :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.0	Mars	1.2
Avril	2.2	Mai	1.2	Juin	3.5
Juillet	3.5	Août	2.5	Septembre	0.7
Octobre	1.0	Novembre	1.5	Décembre	0.0

§ 15.

Strasbourg (latit. 48° 1/2 N.; long. 5° 1/2 E.). . . . . 17 jours.

20 années d'observations de M. Herrenschneider.

Extrêmes : 6 en 1818, 21 en 1831.

(Je n'ai pas la répartition par mois.)

§ 16.

Maëstricht (latit. 51° N.; longit. 3° 1/3 E.) . . . . 16.5 jours.

11 années d'observations de M. Crahay.

Les extrêmes sont : 8 en 1823, et 27 en 1826.

Répartition par mois :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.1	Mars	0.4
Avril	1.5	Mai	2.5	Juin	2.9
Juillet	3.7	Août	3.3	Septembre	1.4
Octobre	0.5	Novembre	0.1	Décembre	0.1

§ 17.

Lachapelle, près de Dieppe (latit. 50° N.; longit. 1° 1/4 E.). 15.7 jours.

18 années d'observations faites sous l'inspection de M. Nell de Bréauté, par M. Racine :

Extrêmes : 6 en 1820 ; 23 en 1828.

Répartition, par mois, de ces 15.7 jours de tonnerre :

	jours.		jours.		jours.
Janvier.	0.2	Février.	0.2	Mars	0.5
Avril	1.1	Mai.	2.6	Juin	3.2
Juillet	2.3	Août	1.8	Septembre . . .	1.3
Octobre	0.7	Novembre . . .	0.8	Décembre . . .	1.0

§ 18.

jours.
Toulouse (latit. 43° 1/2 N.; longit. 1° O.) 15.4

7 années d'observations, de 1784 à 1790.

Extrêmes : 4 en 1784, 24 en 1788.

§ 19.

jours.
Utrecht (Hollande) (latit. 52° N.; long. 2° 3/4 E.). 15

(Un grand nombre d'années d'observations citées par Muschenbroek.)

Extrêmes : 5 en 1740, 23 en 1737.

§ 20.

jours.
Tubingue (latit. 48° 1/2 N.; longit. 6° 3/4 E.). 14.6

9 années d'observations de Kraafft.

§ 21.

Paris (latit. 48° 50′; longit. 0°).

jours.
19 années, de 1785 à 1803. . . . . 12.2

Extrêmes : 7 en 1796, 22 en 1794.

Répartition suivant les mois :

	jours.		jours.		jours.
Janvier.	0.1	Février.	0.1	Mars	0.2
Avril	0.8	Mai.	1.8	Juin	3.0
Juillet	2.5	Août	2.2	Septembre . . .	0.7
Octobre	0.6	Novembre . . .	0.1	Décembre . . .	0.1

jours.

10 années, de 1806 à 1815 . . . . 14.9

Extrêmes : 8 en 1815, 25 en 1811.

	jours.		jours.		jours.
Janvier.	0.0	Février.	0.3	Mars.	0.1
Avril.	0.5	Mai.	3.2	Juin	3.1
Juillet	2.7	Août	2.4	Septembre . . .	1.5
Octobre	0.7	Novembre . . .	0.1	Décembre . . .	0.3

jours.

10 années, de 1816 à 1825. 13.2

Extrêmes : 6 en 1823, 22 en 1822.

	jours.		jours.		jours.
Janvier.	0.1	Février.	0.0	Mars	0.5
Avril	1.0	Mai.	3.0	Juin	2.8
Juillet	2.1	Août	1.5	Septembre . . .	1.6
Octobre	0.3	Novembre . . .	0.2	Décembre . . .	0.1

jours.

12 années, de 1826 à 1837. 14.6

Extrêmes : 8 en 1831, 20 en 1827.

	jours.		jours.		jours
Janvier.	0.0	Février.	0.1	Mars.	0.3
Avril.	0.9	Mai.	3.1	Juin	2.9
Juillet	3.2	Août	2.2	Septembre . . .	1.2
Octobre	0.6	Novembre . . .	0.0	Décembre . . .	0.1

MOYENNES DES QUATRE PÉRIODES.

jours.

41 années, de 1785 à 1803, et de 1806 à 1837 . . . . 13.6

	jours.		jours.		jours.
Janvier.	0.1	Février.	0.1	Mars	0.3
Avril.	0.8	Mai.	2.7	Juin	2.9
Juillet	2.6	Août	2.1	Septembre . . .	1.3
Octobre	0.5	Novembre . . .	0.1	Décembre . . .	0.1

§ 22.

jours.

Leyde (Hollande) (latit. 52° N.; longit. 2° E.) 13.5

29 années d'observations de Muschenbroek.

Extrêmes : 5 en....., 17 en 1748.

Répartition, par mois, des 13.4 jours annuels de tonnerre :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.1	Février	0.4	Mars	0.2
Avril	0.3	Mai	2.1	Juin	2.7
Juillet	2.9	Août	2.9	Septembre	1.0
Octobre	0.3	Novembre	0.3	Décembre	0.2

§ 23.

Athènes (latit. 38° N.; longit. 21° 1/3 E.) . . . . 11 jours.
3 années, de 1833 à 1835.

Extrêmes : 7 en 1835, 18 en 1834.

§ 24.

Polpero (côte orientale du Cornouailles) (latit. 50° 1/3 N.; longit. 6° 1/2 O.) . . . . 10 jours.
23 années d'observations de M. Jonathan Couch.

§ 25.

Pétersbourg (latit. 60° N.; longit. 28° E.) . . . . 9.1 jours.
11 années d'observations de Kraafft (depuis 1726 jusqu'en 1736).

La répartition, par mois, de ces 11 années s'effectue ainsi :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.0	Mars	0.0
Avril	0.7	Mai	2.7	Juin	2.1
Juillet	2.5	Août	0.9	Septembre	0.1
Octobre	0.0	Novembre	0.1	Décembre	0.0

§ 26.

Londres (latit. 51° 1/2 N.; long. 2° 1/2 O. . . . . 8.3 jours.
13 années d'observations de M. Howard (de 1807 à 1822), faites à Plaistow, à Clapton et à Tottenham, près de Londres.

Extrêmes : 5 en 1819, 13 en 1809.

Répartition, par mois, des 8.3 jours d'orage annuels :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.2	Mars	0.4

	jours.		jours.		jours.
Avril	0.4	Mai	1.8	Juin	1.4
Juillet	2.0	Août	1.3	Septembre	0.4
Octobre	0.1	Novembre	0.2	Décembre	0.1

§ 27.

jours.
Pékin (latit. 40° N.; longit. 114° E.) 5.8
6 années d'observations des missionnaires (de 1757 à 1762).

Extrêmes : 3 en 1757, 14 en 1762.

Répartition, par mois, des 5.8 jours de tonnerre :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	0.0	Février	0.0	Mars	0.0
Avril	0.2	Mai	0.5	Juin	2.0
Juillet	1.7	Août	1.0	Septembre	0.3
Octobre	0.1	Novembre	0.0	Décembre	0.0

§ 28.

jours.
Le Caire (Égypte) (latit. 30° N.; longit. 29° E.) 3.5
2 années d'observations de M. le docteur Destouches (1835 et 1836).

Extrêmes : 3 en 1836, 4 en 1835.

Répartition de 3.5 jours d'orage annuels :

	jours.		jours.		jours.
Janvier	1.0	Février	0.0	Mars	0.5
Avril	1.0	Mai	0.0	Juin	0.0
Juillet	0.0	Août	0.0	Septembre	0.0
Octobre	0.0	Novembre	0.5	Décembre	0.5

CHAPITRE XXXIII.

QUELLE EST, DANS NOS CLIMATS, LA QUANTITÉ DE VICTIMES QUE LA FOUDRE FAIT ANNUELLEMENT?

Dans une statistique dressée par ordre de l'administration et publiée en 1852, on trouve qu'en France la foudre tue annuellement soixante-neuf personnes. On peut sup-

poser que cette évaluation est trop faible, soit parce qu'il y a beaucoup de ces accidents dont l'autorité n'est pas instruite, soit parce que la foudre tue quelquefois des individus qui se sont réfugiés sous des arbres, sans qu'aucun indice mette sur la voie pour faire soupçonner la cause de la catastrophe.

J'avais, pendant plusieurs années, fait prendre note des coups fondroyants mentionnés dans les journaux qui me passaient sous les yeux. En parcourant ce recensement, dont l'imperfection frappera tout le monde, puisqu'on n'y fait mention que des malheurs arrivés dans une très-petite partie de la France, on aura un aperçu raisonné sur les erreurs dont peut être affecté le résultat publié par l'administration.

1841.

6 mai,	un homme, à Lons-le-Saulnier.
8 —	un homme, à Paris, bord de la Seine.
« —	une fille, à Lille.
11 juin,	un garçon, près de Tours.
« —	un homme, à Montrevel (Ain).
« —	un homme, à Neulise.
23 —	un homme, près d'Hazebrouck.
25 septembre,	une jeune fille, à Valensole (Drôme).
« —	une jeune fille, à Pierrelatte.
« —	deux hommes, à Buygny-Saint-Macloux.
« octobre,	un homme, près de Nantes.

1842.

« mai,	un homme, près de Rodez.
« juin,	quatre personnes dans une barque, port de Marseille.
« —	un homme, près de Bayonne.
« —	trois personnes abritées sous un arbre, près de Rouen.
24 août,	deux personnes, à Ille.
« —	un homme, à Lusignan-le-Petit.

26 —	un homme, à Saint-Jean-de-Crieulon, près du Vigan.
28 —	un homme, à Gonédic, près de Saint-Brieuc.
« septembre,	un homme couché dans son lit, au village de Vertaure (Haute-Loire).

1843.

« avril,	deux enfants abrités sous un arbre, à Bouguenais, près de Nantes.
8 juillet,	deux enfants, à Braffe, près de Tournay.
« —	deux personnes abritées sous un arbre, à Génis (Périgord).
19 —	un homme, au village de Rochejean.
16 août,	trois personnes abritées sous une meule de blé, à Riom.
16 —	un homme, à Arcachon.
26 —	un homme abrité sous un arbre, près de Lille.
1er septembre,	une jeune fille, commune d'Aubarède (Hautes-Pyrénées).
9 —	un homme abrité sous un arbre, à Camblannes.
« —	un homme, à Metz.
10 —	un homme abrité sous un arbre, près de Senlis.

1844.

« mars,	un homme, près de Douai.
26 avril,	un homme, commune de Masparraute.
« juin,	un homme, à Moulins.
27 —	un homme en sonnant une cloche, à Sarliac.
« juillet,	un homme abrité sous un arbre, à Saussines (Gard).
1er août,	une jeune fille, à Hadel (Vosges).
« —	un homme, près de Mâcon.
« septembre,	un homme en sonnant une cloche, à Saint-Robert (Corrèze).
5 octobre,	trois hommes à Franceuil (Indre-et-Loire).
15 —	un enfant, près de Niort.
« —	un enfant, près de Rochefort.
22 —	huit hommes, à Sauve (Gard).

1845.

28 mai,	un homme abrité sous un arbre, près de Montmarault (Allier).

« juin, un homme, près de Soissons.
« — un enfant, bourg du Péage (Drôme).
« juillet, un homme, près de Honfleur.
« — un homme, à Saint-Loubès.
« — un homme abrité sous un arbre, près de Reims.
23 — un enfant, près de Toulouse.
19 août, un homme, à Saint-Désert.
5 septembre, un homme sonnant les cloches, près de Toulouse.
7 — un homme, près d'Orthez.
« octobre, un enfant abrité sous un arbre, à Doué (Maine-et-Loire).

1846.

7 mai, un homme sonnant une cloche, à Cornille.
4 juin, un homme abrité sous un arbre, à Orignolles.
10 — une femme abritée sous un arbre, à Pau.
15 — cinq hommes, à Donjon (Allier).
18 — un homme abrité sous un arbre, à La Teste,
« — une jeune fille, à Foissiat (Ain).
6 juillet, un homme, à Vinça.
« août, quatre hommes à Levreux (Indre).
« septembre, un homme, à Marsais (Charente-Inférieure).
10 — un homme, à Arthès (Hautes-Pyrénées).
29 — un homme, à Arles.

1848.

19 juillet, un homme, à Saint-Germain-des-Bois.
20 — une femme, à Montreuil.
10 août, deux personnes, à Montbard.

1849.

1er mars, deux hommes abrités sous un arbre, à Bazelat (Creuse).
30 — une jeune fille, près de Foix.
10 avril, deux personnes, à Puyloubier (Bouches-du-Rhône)
20 — une jeune fille, à Laprade.
« mai, un homme, à Lyon.
« — un homme, à Casseul (Gironde).

CHAPITRE XXXIV.

DANS QUELLES SAISONS LES COUPS DE TONNERRE FOUDROYANTS SONT-ILS LE PLUS FRÉQUENTS?

Autant je suis éloigné de regarder l'ensemble des proverbes, des dictons populaires, comme le code de la sagesse des nations, autant je crois que les physiciens ont eu tort de n'accorder que leur dédain à ceux de ces proverbes qui se rapportent à des phénomènes naturels. Les accepter aveuglément serait assurément une grande faute; mais ce n'en est pas une moindre que de les rejeter sans examen. En me laissant guider par ces principes, il m'est quelquefois arrivé déjà de trouver d'importantes vérités là où l'on s'obstinait à ne voir que le fruit de la préoccupation et des préjugés. Aussi, malgré tout ce qu'il y avait d'improbable, disons mieux, de contraire aux idées reçues, dans l'aphorisme des campagnards: « les tonnerres ne sont jamais plus dangereux que dans les saisons froides », j'ai pensé devoir le soumettre à une épreuve dont personne n'a le droit d'appeler, à celle de l'observation. Cette épreuve, au surplus, voici de quelle manière simple il m'a paru qu'on pouvait la faire.

J'ai tenu note, dans mes lectures, de tous les coups foudroyants à dates certaines signalés par les navigateurs, et je les ai classés par mois; bien entendu qu'il a fallu ne comprendre dans ce recensement que les événements d'un seul hémisphère, car, au nord et au midi de l'équateur les mois d'une même dénomination correspondent à

des saisons opposées. J'ai dû aussi ne pas étendre le champ des observations jusqu'à ces régions des tropiques où les divers mois de l'année diffèrent très-peu entre eux sous le rapport de la température. J'ai échappé à toutes ces difficultés en me renfermant dans l'intervalle compris entre les côtes d'Angleterre et la Méditerranée inclusivement.

Voici maintenant les résultats :

JANVIER.

1749. ***Le Dover***, bâtiment marchand anglais.
Le 9, latit. 47° 30′ N.; longit. 22° 15′ O.

1762. ***Bellona***, vaisseau anglais de 74.
Le. . . latit. . . longit. . .

1784. ***Le Thisbé***, vaisseau de guerre anglais.
Le 3 (côtes d'Irlande).

1814. ***Le Milford***, vaisseau de ligne anglais.
Le. . . . (dans le port de Plymouth).

1830. ***L'Etna***, ***le Madagascar***, ***le Mosqueto***, navires de guerre anglais.
Le. . . . (dans le canal de Corfou).

FÉVRIER.

1799. ***Le Cambrian***, vaisseau de guerre anglais.
Le 22 (près de Plymouth).

1799. ***Le Terrible***, vaisseau de ligne anglais.
Le 23 (près des côtes d'Angleterre).

1809. ***Le Warren-Hastings***, vaisseau de ligne anglais.
Le 14 (à Portsmouth).

1812. ***Trois*** vaisseaux de ligne.
Le 23 (à Lorient).

MARS.

1824. ***Le Lydia*** de Liverpool.
Le 23 (dans la traversée de Liverpool à Miramichie).

AVRIL.

1811. *L'Indefatigable*, *le Warley*, *la Persévérance*, *le Warren-Hastings*, navires anglais marchant de conserve.
Le 20, latit. 46° 46′ N., longit. 11° 39′.

1824. *L'Annibal* de Boston.
Le 22, latit. 46° N., longit. 40° O.

1824. *Le Hopewell*, navire marchand anglais.
Le 22, latit. 40° 30′ N., longit. . . . .

1824. *La Pénélope* de Liverpool.
Le 22, lat. 46° N., longit. 39° O.

1827. *Le New-York*, paquebot de 500 tonneaux.
Le 19, latit. 38° 9′ N. longit. 61° 17′ O., pendant la traversée de New-York à Liverpool.

MAI.

. . . .

JUIN.

. . . .

JUILLET.

1681. *L'Albemarl*, bâtiment anglais.
Le. . . ., près du cap Cod, latit. 42° N.

1830. *Le Gloucester* et *le Melville*, vaisseaux de ligne anglais.
Le. . . . (en été), près de Malte.

AOUT.

1808. *Le Sultan*, vaisseau de ligne anglais.
Le 12 (à Mahon).

SEPTEMBRE.

1813. *Cinq* des treize vaisseaux de ligne de l'amiral Exmouth.
Le 2 (à l'embouchure du Rhône).

1822. *L'Amphion* de New-York.
Le 21, à quelque distance de New-York).

OCTOBRE.

1795. *Le Russel*, vaisseau de ligne anglais.
Le 5 (près de Belle-Ile).

1813. *Le Barfleur*, vaisseau anglais de 98 canons.
A la fin du mois (dans la Méditerranée).

NOVEMBRE.

1696. *Le Trumbull*, galère anglaise.
Le 26 (rade de Smyrne).

1723. *Le Leipsig*, frégate autrichienne.
Le 12 (à l'entrée du canal de Céphalonie).

1811. *Le Belle-Ile*, brick de Liverpool.
Le . . . (à Bideford, Devonshire).

1832. *Le Southampton*, vaisseau de ligne anglais.
Le 5 (dans les Dunes).

DÉCEMBRE.

1778. *L'Atlas*, vaisseau de la Compagnie des Indes.
Le 31 (à l'ancre dans la Tamise).

1820. *Le Coquin*, bâtiment français.
Le 25 (dans la rade de Naples).

1828. *Le Roëbuck*, cutter anglais.
Le . . . (à Portsmouth).

1832. *Le Logan* de New-York.
Le 19 (dans son passage de Savannah à Liverpool).

Quand on a parcouru de l'œil ce recensement, quand on se rappelle, en même temps, combien il y a d'orages en été, combien peu, comparativement, il s'en forme pendant l'hiver, il semble difficile de ne pas reconnaître, qu'en mer du moins, les tonnerres des mois chauds sont beaucoup moins dangereux que ceux des saisons froides ou tempérées. Ce résultat me paraît déjà bien établi; j'eusse désiré cependant appuyer sa démonstration sur une statistique plus complète, mais les documents m'ont manqué. J'ajouterai qu'il n'a pas dépendu de moi qu'un aussi petit nombre de navires français figurât dans mon recensement. Pour les Anglais, j'ai pu mettre à pro-

fit les citations contenues dans d'excellents Mémoires de M. Harris sur les paratonnerres.

CHAPITRE XXXV.

LA FOUDRE FRAPPE PRINCIPALEMENT LES LIEUX ÉLEVÉS.

Toutes circonstances étant égales, c'est sur les points élevés que la foudre va frapper de préférence; il ne serait pas difficile de citer des exemples en opposition avec cette règle, et dont les causes sont restées cachées dans la maçonnerie des habitations ou dans les entrailles de la terre, mais il n'est personne qui, ayant pris note, dans une localité déterminée, du nombre de coups foudroyants reçus par le clocher du village voisin et du nombre de ceux qui ont atteint les maisons environnantes, ne soit très-disposé à reconnaître la vérité de l'énoncé placé en tête de ce chapitre.

CHAPITRE XXXVI.

LA FOUDRE SE PORTE DE PRÉFÉRENCE SUR LES MÉTAUX, LORSQU'IL EN EXISTE, A DÉCOUVERT OU CACHÉS, SOIT DANS LE VOISINAGE DES LIEUX VERS LESQUELS ELLE TOMBE DIRECTEMENT, SOIT PRÈS DE CEUX OU SA COURSE SERPENTANTE L'AMÈNE ENSUITE. — LA FOUDRE NE PRODUIT DE DÉGATS NOTABLES QU'A SON ENTRÉE DANS LES MASSES MÉTALLIQUES, OU AU MOMENT OU ELLE EN SORT.

De toutes les propriétés de la foudre, celles-ci sont sans contredit les plus importantes. On ne s'étonnera donc pas que j'aie cherché à les établir sur des observations nombreuses, et qui, à raison de la variété des circonstances, ne puissent laisser aucune prise au doute.

§ 1er.

Rien de plus instructif, quant à la faculté que les métaux possèdent d'attirer à eux la totalité ou la presque totalité de la matière fulminante dont ils peuvent se trouver subitement enveloppés, que le coup de foudre, déjà cité dans un autre chapitre, qui, en 1754, produisit tant de dégâts sur l'immense tour en charpente de Newbury, aux États-Unis.

La foudre tomba sur la partie supérieure de cette tour. Elle était bien puissante, puisqu'elle détruisit radicalement et jeta au loin une pyramide en charpente de 21 mètres de haut.

Cette lourde pyramide rasée, la foudre trouva sur sa route un fil métallique qui joignait le marteau de la cloche aux rouages de l'horloge placée 6 mètres plus bas, se porta tout entière ou presque tout entière sur ce fil, et le fondit en quelques points. Je justifierai les mots *presque tout entière* qu'on vient de lire, en disant que, dans l'étendue verticale de 6 mètres occupée par le fil, la charpente environnante, celle de la tour, n'éprouva absolument aucun dommage, quoique la foudre fût loin d'avoir épuisé sa force sur la pyramide supérieure, comme cela résulte clairement des dégâts qu'elle fit, en continuant sa course descendante, dès que le fil métallique lui manqua.

Parvenue, en effet, à l'extrémité inférieure de ce fil, la foudre se précipita de nouveau sur la charpente de la tour, et la dégrada considérablement. Telle était encore son intensité, même en arrivant au sol, qu'elle arracha di-

verses pierres de la fondation du monument, et les lança à quelque distance.

§ 2.

Pendant la nuit du 17 au 18 juillet 1767, la foudre tombe à Paris sur une maison de la rue Plumet et en parcourt toutes les parties. Plusieurs cadres se trouvaient suspendus dans une chambre; elle attaque seulement celui qui était doré. Une lanterne de fer-blanc et deux bouteilles de verre très-mince reposaient sur la même table; la lanterne est démolie et parfaitement fondue; les deux bouteilles restent intactes. Dans une autre chambre, un poêle en fer est brisé en plusieurs morceaux : on n'y remarque aucun autre dégât. Ailleurs, une caisse en bois renfermait beaucoup d'ustensiles en fer; la foudre brise la caisse; elle atteint si fortement les ustensiles, qu'ils présentaient des marques évidentes de fusion, et n'allume pas 250 grammes de poudre à canon que contenait une poire ouverte placée au milieu de toutes ces pièces métalliques fondues.

§ 3.

Le 15 mars 1773, la foudre tomba à Naples sur la maison de lord Tylney. Il y avait, ce jour-là, grande réception chez ce personnage. Les appartements ne renfermaient pas moins de cinq cents individus. Aucun cependant ne reçut de véritable blessure.

Le lendemain, Saussure et Hamilton (l'un et l'autre avaient été présents à l'événement) reconnurent que presque toutes les dorures, que les corniches des pla-

fonds, les baguettes établies autour des tapisseries, les parties dorées des fauteuils et des sofas qui touchaient à ces baguettes, les jambages dorés des portes, des cordons de sonnette étaient fondus, noircis ou écaillés. Comme à l'ordinaire, le maximum de ces effets s'observait partout où la matière fulminante avait trouvé quelque solution de continuité.

Un coup de foudre capable de fondre un fil de sonnette tuerait un homme. Ici, nous l'avons déjà dit, personne ne fut même blessé. Il est donc bien prouvé qu'en parcourant l'enfilade de neuf pièces dont se composait l'appartement de lord Tylney, la matière fulminante se porta de préférence ou à peu près en totalité vers les parties métalliques que ces neuf pièces renfermaient.

§ 4.

Ces faits précis, caractéristiques, m'autorisent à passer maintenant à des exemples qui nous montreront la foudre se détournant évidemment de sa route primitive pour aller frapper des masses métalliques derrière de gros blocs de maçonnerie, ou même dans leur intérieur.

La foudre étant tombée sur une assez grosse verge de fer implantée dans le toit de la maison de M. Raven, dans la Caroline (États-Unis), parcourut ensuite un fil de laiton qui établissait, par l'extérieur du bâtiment, une communication intime entre cette verge et une barre de même métal enfoncée en terre. Pendant sa course descendante, la foudre fondit toute la partie du fil comprise entre le toit et le rez-de-chaussée, et cela sans endommager en aucune manière le mur sur lequel le fil était

pour ainsi dire appliqué. A la hauteur du rez-de-chaussée, les choses prirent un tout autre caractère. De là jusqu'à terre le fil ne fut plus fondu. Au point même où cette fusion cessa, la foudre, changeant complétement de route, fit un assez large trou dans le mur de la maison et entra dans la cuisine.

La cause de cette déviation singulière de la foudre, de cette déviation à angle droit, ne fut un mystère pour personne, dès qu'on eut remarqué que le trou du mur était précisément à la hauteur de la partie supérieure d'un canon de fusil placé debout dans la cuisine, contre ce même mur. Ajoutons que le canon n'éprouva aucun dommage; que la crosse, au contraire, fut brisée, et qu'un peu plus loin il y eut quelque dégât dans l'âtre de la cheminée.

Le fait dont nous venons de relater toutes les circonstances conduit à deux conséquences capitales. Il montre que l'action, quelle qu'en soit d'ailleurs la nature, en vertu de laquelle les métaux s'emparent de la matière fulminante, peut s'exercer même à travers les murs. Elle prouve encore que la masse du métal n'est pas sans influence; que, dans des circonstances données, la foudre peut abandonner un fil mince pour se porter, même à quelque distance, sur une tige massive.

§ 5.

En 1759, le détachement qui conduisait, du Fort-Royal à Saint-Pierre, le capitaine anglais Dibden, prisonnier de guerre à la Martinique, s'arrêta, pour se garantir de la pluie, au pied du mur d'une petite cha-

pelle, qui n'avait ni tour ni clocher. Un violent coup de tonnerre le surprit dans cette position et tua deux soldats. Du même coup, la foudre pratiqua dans le mur, derrière les deux victimes, une ouverture d'environ $1^m.30$ de haut et de 1 mètre de large. Toute vérification faite, il se trouva qu'à la portion du mur démolie sur laquelle les deux soldats foudroyés s'appuyaient, correspondait exactement, à l'intérieur de la chapelle, un ensemble de barres de fer massives destinées à supporter un tombeau. Ceux qui n'eurent pas le malheur de s'être ainsi placés fortuitement devant des pièces métalliques n'éprouvèrent aucun mal.

§ 6.

Un très-violent coup de tonnerre atteignit, le 10 juin 1764, le beau clocher de Saint-Brides, à Londres, et y produisit de graves dégâts, qui furent aussitôt examinés et décrits par William Watson et Edward Delaval. Voici ce qu'ils offraient de plus remarquable :

La foudre tomba d'abord sur la girouette du clocher; de là elle descendit le long d'une barre de fer presque noyée dans les pierres de taille massives dont la flèche de la tour était formée. Cette barre, de 2 pouces anglais de diamètre (5 centimètres), avait 20 pieds anglais de long (6 mètres) et reposait, par son extrémité inférieure, dans une cavité de 5 pouces (12 centimètres) de profondeur, creusée au centre de la plus basse des pierres de taille en question. Une soudure au plomb unissait la barre à la pierre, le plus intimement possible.

Que produisit la foudre dans cette flèche, dans cette portion supérieure du clocher de Saint-Brides?

Elle enleva et noircit légèrement quelque peu de la dorure, au point le plus élevé de la croix en cuivre qui surmontait le clocher ; elle fondit çà et là de petites parties de soudure. Pendant son trajet le long des 6 mètres de la barre, elle ne laissa aucune trace appréciable, ni sur le fer, ni en aucun point de la maçonnerie environnante ; mais, dès qu'un métal continu lui manqua, les vrais dégâts commencèrent. La grosse pierre de taille au milieu de laquelle l'extrémité inférieure de la barre se trouvait soudée au plomb offrait, dans des éclats, dans des fentes dirigées en tous sens, des marques manifestes d'une violente commotion. A la hauteur de cette même pierre, une très-large ouverture s'était formée, de dedans en dehors, dans la paroi de la flèche. La descente de la foudre sembla s'être ensuite opérée par sauts, entre chaque barre ou crampon de fer et la barre ou le crampon immédiatement au-dessous. Seulement, il faut bien le remarquer, la foudre ne se borne pas, dans cette sorte d'itinéraire, aux seules pièces métalliques visibles. Les crampons placés dans l'épaisseur même des maçonneries, pour unir les pierres de taille entre elles, n'échappèrent pas plus que les autres à la matière fulminante.

En définitive, il y eut des pierres fendues, éclatées, pulvérisées, déplacées, lancées comme des projectiles, aux extrémités mêmes, ou très-près des extrémités des barres de fer employées dans la construction du clocher. Partout ailleurs les dégâts étaient ou nuls ou sans gravité. On dirait, d'après ces effets, que la foudre ne parvint à s'échapper, par les bouts des pièces métalliques

qu'elle envahit, qu'à l'aide d'un violent effort qui détruisit tout aux environs.

§ 7.

Cette propriété de la matière fulminante de se porter en grande quantité sur les métaux, même au travers d'épaisses masses de pierre dont ils peuvent être recouverts et de les mettre complétement à nu, a trop d'intérêt, surtout à cause des applications dont elle est susceptible, pour qu'on ne doive pas me pardonner si j'ajoute un nouveau fait aux précédents.

En 1767, comme on l'a vu plus haut, la foudre entra par une souche de cheminées dans une maison de la rue Plumet, à Paris. Nous avons déjà parlé de son action à l'intérieur. En dehors, tous les dégâts se trouvèrent concentrés en un seul point, qui n'était cependant ni le plus haut, ni le plus exposé : l'entablement de la maison fut complétement démoli et projeté au loin. Lorsque toutes les pièces de fer que cet entablement cachait parurent à découvert, chacun comprit qu'elles avaient été la cause principale d'un effet qui, sans cela, eût semblé également inexplicable, et à raison de la place, et à cause de l'intensité.

§ 8.

Nous avons vu la foudre complétement inoffensive, tant qu'elle parcourait une tige de fer continue, manifester sa sortie à l'extrémité du métal par la rupture, par la pulvérisation, par la projection des matières solides qui enveloppaient ce point de sortie. Les matières rompues, pulvérisées, brisées, projetées, étaient généralement des

pierres de taille ou de la maçonnerie. Eût-on observé exactement les mêmes effets sur des substances différentes? Existe-t-il des corps dans lesquels la foudre pourrait passer, en sortant d'un métal, sans rien briser, sans rien détruire? La terre ordinaire figure-t-elle parmi ces corps?

Lorsqu'une barre de fer que la foudre a frappée plonge dans la terre, il y a deux cas à considérer. Si la terre est sèche, la foudre n'y pénètre, en sortant de la barre, que par une sorte d'explosion; les effets qu'elle y produit sont analogues à ceux qui nous ont été offerts par les maçonneries et les pierres de taille. Dans le cas, au contraire, où la terre se trouve fortement imprégnée d'humidité, tout se passe tranquillement, silencieusement, sans effets mécaniques appréciables. La terre humide, et, à plus forte raison, l'eau pure, donnent passage à la matière fulminante qui s'échappe des barres de fer qu'elles touchent, à peu près comme l'aurait fait le prolongement de ces mêmes barres, ou toute autre masse métallique en contact avec elles. Citons quelques faits à l'appui de ces assertions.

Le 28 août 1760, la foudre frappa une barre de fer placée sur le toit de la maison de M. Maine (États-Unis), et la fondit en partie. La barre descendait jusqu'à terre, mais elle n'y pénétrait pas assez profondément, et elle se terminait dans des couches peu humides. Aussi la foudre ne la quitta point sans explosion : elle produisit dans cette terre des trous et des soulèvements, et se jeta en partie sur les fondations de la maison, où elle occasionna quelques légers dégâts.

Le 5 septembre 1779, la foudre tomba à Manheim, sur une barre de fer qui s'élevait verticalement au-dessus du toit de l'hôtel de l'ambassadeur de Saxe, et descendait ensuite jusqu'à terre sans solution de continuité, d'abord le long du toit, et ensuite le long d'un des murs de l'habitation. En quittant la barre pour entrer dans la terre qui n'était pas très-humide, la foudre produisit un tourbillon de sable que plusieurs personnes aperçurent à l'instant même, et dont on trouva d'ailleurs après des marques évidentes.

Les effets mécaniques ne sont pas le seul moyen de prouver qu'un terrain peu humide possède très-incomplétement la propriété d'enlever aux barres métalliques la matière fulminante dont elles peuvent être imprégnées. Des phénomènes de lumière conduisent souvent au même résultat.

Quelle que soit sa longueur, une barre de fer de 3 à 4 centimètres d'équarrissage transmet le plus violent coup de foudre jusqu'aux entrailles de la terre et l'y dissémine, si cette terre est humide, sans qu'aucune lueur apparaisse nulle part. Supposez la terre sèche, au contraire, et la barre, au moment de l'explosion, se montrera rayonnante. Ne rendez humide que la seule surface du terrain, et cette surface semblera tout en feu. Ainsi, lorsque la foudre frappa à Philadelphie une barre de fer qui, par son extrémité supérieure, dominait la maison de M. West, et, par l'autre, pénétrait à la profondeur de 1 mètre 5 centimètres, dans une terre imparfaitement humide, il tombait une pluie battante. Cette pluie avait mouillé le pavé : le pavé, au moment de l'explosion,

sembla sillonné par de vives flammes jusqu'à plusieurs mètres de distance.

CHAPITRE XXXVII.

EXPLICATIONS, REMARQUES ET RAPPROCHEMENTS CONCERNANT LES OBSERVATIONS PRÉCÉDENTES.

Avant de discuter les divers moyens qui ont été proposés pour se garantir de la foudre, jetons un regard sur la longue carrière que nous venons de parcourir, non assurément avec l'intention d'en faire surgir une théorie dans laquelle toutes les expériences viendraient convenablement s'encadrer, mais avec l'espoir, beaucoup plus modeste, d'arriver par divers rapprochements à la découverte de quelques vérités que le seul examen de chaque fait isolé ne nous a pas encore dévoilées.

De toute antiquité, on a su que le son n'est point une matière. Aristote, par exemple, avait parfaitement reconnu qu'il résulte des simples ondulations de l'air ordinaire. Aujourd'hui, ce résultat, avec une seule modification, peut être étendu sans scrupule à la lumière. La lumière aussi est la conséquence du mouvement ondulatoire, non de l'air, mais de certain milieu très-rare et très-élastique qui remplit tout l'univers, et qu'on est convenu d'appeler l'éther.

Doit-on ranger la foudre dans la même catégorie, elle dont la présence se manifeste presque toujours simultanément par de la lumière et par du son? Quoique partisan déclaré de la théorie des ondes lumineuses, je reste com-

plétement indécis, je l'avoue, devant la question qu'on vient de lire.

Lorsque je prends les expériences de M. Wheatstone pour complétement avérées, lorsque mon attention se porte sur l'incomparable rapidité avec laquelle la foudre traverse les régions aériennes et les corps solides qui la propagent à la surface de la terre, je me sens peu enclin à la composer d'une agglomération de molécules matérielles, d'un amas de très-petits projectiles : des ondulations semblent se concilier beaucoup mieux avec de pareilles vitesses. Bientôt après cependant me reviennent à l'esprit ces grands effets mécaniques, ces transports de poids considérables opérés par la foudre. Si je me rappelle, en même temps, que malgré toute la délicatesse des procédés employés, qu'en opérant sur des leviers suspendus dans le vide à des fils d'araignée, avec la lumière concentrée au foyer des plus grands miroirs, des plus larges lentilles, on n'a pas engendré les plus légères déviations, toutes mes incertitudes renaissent, et les ondulations fulminantes se représentent à moi hérissées de mille et mille difficultés.

Passons, au surplus, à un examen rapide des principaux phénomènes que nous avons décrits.

§ 1er. — Éclairs.

Les Étrusques, dont toute l'antiquité a célébré la science au sujet de la foudre, en distinguaient de trois sortes : la première était une foudre d'avis; la seconde produisait déjà certain dommage; la troisième se composait d'un feu destructeur qui frappait les simples individus, ravageait

les royaumes, et ne laissait rien de ce qu'elle rencontrait dans l'état primitif.

Jupiter lançait la première à sa guise ; la seconde ne partait de sa main que sur l'avis d'un conseil composé de douze grands dieux ; la troisième, enfin, exigeait impérieusement un arrêt des dieux supérieurs.

On conçoit difficilement que des peuples chez lesquels régnaient de pareilles idées aient cru nécessaire de rechercher comment la foudre s'engendrait dans les nuages, comment naissait la lumière, comment se produisait le bruit. Cependant ces questions occupent une large place dans les traités d'Aristote, dans le poëme de *Lucrèce,* dans les écrits de Pline, dans les *Questions naturelles* de Sénèque. Ce dernier philosophe a résumé, en quelques paroles, les opinions plus ou moins dissemblables dans la forme, mais fort analogues quant au fond, des physiciens de l'antiquité touchant l'origine des éclairs :

« Le feu s'engendre par la percussion de l'acier sur la pierre ou par le frottement de deux morceaux de bois. Il se peut donc que les nuages (emportés par le vent) s'enflamment de même, par voie de percussion ou de frottement. » (*Quest. nat.,* liv. II, § 22.)

J'engagerai ceux qui seraient disposés à traiter avec trop de dédain le rapprochement, assurément bien forcé, qu'on vient de lire, à voir auparavant combien deux mille ans ont laissé encore de lacunes dans l'explication du phénomène que le célèbre auteur des *Questions naturelles* avait en vue.

La matière fulminante, malgré ce qu'aurait pu conduire à penser la vitesse de sa propagation, ne se meut

pas avec une liberté indéfinie dans les corps solides. Les ruptures, les transports qu'elle occasionne, en paraissent une preuve évidente. Quoi de plus naturel alors que de supposer qu'en traversant l'air atmosphérique cette matière pousse vivement devant elle les molécules qui le composent, et qu'il en résulte successivement des compressions dans toute la ligne où le trajet s'opère. Des compressions un peu fortes, comme le prouve le briquet pneumatique, sont toujours accompagnées d'un dégagement de lumière; la direction suivie par la matière fulminante doit donc être marquée par un sillon lumineux.

Cette argumentation semble bien liée; cependant elle peut donner lieu à plus d'une objection.

Si en chaque point de la ligne que la foudre parcourt il faut, pour qu'un peu de lumière se dégage, que certains volumes d'air grossier soient très-sensiblement comprimés, on conçoit difficilement comment tous ces déplacements de molécules pourront se concilier avec l'excessive vitesse de propagation de l'éclair que les expériences de M. Wheatstone ont donnée.

L'analogie empruntée au briquet pneumatique pèche par la base. L'air atmosphérique n'est pas seul en jeu dans cet appareil. Des expériences de M. Thénard prouvent, en effet, que si l'on opère dans un corps de pompe parfaitement nettoyé, à l'aide d'un piston de feutre imbibé d'eau, et non d'une matière grasse ou huileuse, la compression n'est accompagnée d'aucune production de lumière. Ce sont ces matières qui en prenant feu dans la petite pompe de l'appareil usuel, à la suite du dégagement de chaleur que toute forte compression de gaz amène à sa

suite, donnent naissance à de la lumière. C'est à cause de cela, pour le dire en passant, que, conformément à ce qu'avait annoncé M. Saissy, de Lyon, l'expérience ne réussit qu'à l'aide des seuls gaz dit comburants.

Les zigzags des éclairs ont toujours paru si étonnants, qu'on a été jusqu'à les regarder comme de pures illusions, comme le résultat de réfractions irrégulières que les vapeurs atmosphériques, que les nuages feraient éprouver aux rayons de lumière. (Logan, *Trans. phil.*, vol. XXXIX.)

Les astronomes qui, si souvent, ont l'occasion d'observer les astres au travers des vapeurs et des nuages, sans les trouver autrement soulevés que si l'atmosphère était sereine, ne pourraient pas même se résoudre à réfuter sérieusement l'étrange conception de M. Logan.

Un éclair en zigzags à angles très-aigus, un éclair à deux, à trois pointes, contrastent si fortement avec les courbes régulières que suivent dans leur marche les corps soumis à l'action de forces accélératrices, qu'on n'ose, de prime abord, s'arrêter à l'idée qu'un semblable éclair marque dans l'atmosphère les places qu'une même matière va successivement occuper. Faites de la foudre, non un corps, mais une ondulation, et les doubles et les triples, etc., réfractions que les ondes lumineuses éprouvent dans certains cristaux, deviendront des analogies frappantes dont l'esprit pourra se montrer satisfait. Il y aura seulement à se rappeler que l'atmosphère renferme une grande variété d'exhalaisons, et, en particulier, de la vapeur d'eau irrégulièrment disséminée, d'où il résulte

qu'elle peut opposer à la marche de la foudre des résistances inégales dans divers sens.

Les éclairs en boule dont nous avons cité tant d'exemples, et qui sont si remarquables, d'abord par la lenteur et l'incertitude de leurs mouvements, ensuite par l'étendue des dégâts qu'ils occasionnent en éclatant, me paraissent aujourd'hui un des phénomènes les plus inexplicables de la physique.

Ces boules, ces globes de feu, semblent des agglomérations de substances pondérables, fortement imprégnées de la matière de la foudre. Comment se forment de telles agglomérations? Dans quelles régions sont-elles nées? D'où proviennent les substances qui les composent? Quelle en est la nature? Pourquoi s'arrêtent-elles quelquefois pendant un temps assez long pour se précipiter ensuite avec une grande rapidité, etc., etc.? Devant toutes ces questions, la science reste muette.

La foudre, en traversant l'atmosphère, détermine çà et là une combinaison de ses deux éléments gazeux, elle les transforme en acide nitrique. Serait-il donc impossible que la même action opérât quelquefois instantanément une sorte de demi-réunion des matières de toute nature qui peuvent exister dans un certain volume d'air? Si cette conjecture, que je ne présente, bien entendu, qu'à ce titre, paraissait inadmissible, je rappellerais que M. Fusinieri déclare avoir constamment trouvé du fer métallique, du fer à divers degrés d'oxydation et du soufre, dans les dépôts pulvérulents qui entourent les fissures à travers lesquelles la foudre s'est ouvert un passage. Sans vouloir assurément réveiller des idées surannées touchant les

pierres de tonnerre[1], je dirai qu'il n'est point prouvé qu'on doive absolument rejeter comme mensongères toutes les relations où il est parlé de coups de foudre accompagnés de chutes de matières. Sur quoi se fonderait-on pour s'inscrire en faux contre ce fait que je tire des œuvres de Boyle :

« En juillet 1681, la foudre produisit beaucoup de dégâts, près du cap Cod, sur le bâtiment anglais *l'Albemarl*. Le coup de foudre fut suivi de la chute, dans la chaloupe même suspendue à la poupe du navire, d'une matière bitumineuse qui brûlait en répandant une odeur semblable à celle de la poudre à canon. Cette matière se consuma sur place ; on avait essayé vainement de l'éteindre avec de l'eau, ou de la projeter dehors en se servant de tiges de bois. »

Cherchons maintenant ce que peuvent être les éclairs

1. Les prétendues pierres de foudre que certains peuples révéraient, avaient, en général, la forme d'un coin, d'une hache, ou celle d'un fer de flèche ou de lance.

L'origine de ces pierres n'est pas douteuse, depuis qu'on en a trouvé de toutes pareilles parmi les outils et les armes des indigènes de l'Amérique ; depuis que nous savons comment ils les fabriquaient. L'ancien continent aussi a été primitivement habité par des nations sauvages. Les mêmes besoins, la même disette de fer durent y faire naître la même industrie. Lorsque la métallurgie perfectionnée produisit des instruments plus résistants, plus tranchants, plus commodes, les pierres furent abandonnées, et elles se sont conservées à peu près intactes dans la terre.

Plusieurs fois on a rencontré de ces mêmes pierres dans des troncs d'arbres. C'était, disait-on, un violent coup de tonnerre qui les y avait introduites. Toute autre explication semblait impossible. A ce compte, ce serait aussi le tonnerre qui aurait projeté les crapauds, que les troncs d'arbre recèlent quelquefois, et les monnaies anciennes que les bûcherons y ont découvertes.

de chaleur, c'est-à-dire les éclairs des nuits sereines.

« Dans la nuit la plus calme, à la lueur même des étoiles, on voit briller l'éclair, dit Sénèque; mais soyez sûr, ajoute-t-il, qu'au lieu d'où part l'éclair, il se trouve des nuages que la forme sphérique de la terre ne nous permet pas d'apercevoir. Le feu de l'éclair lancé vers le haut se montre dans la partie pure et sereine du ciel, quoique formé dans un nuage obscur et ténébreux. » (*Quest. nat.*, liv. II, § 26.)

Dans sa Dissertation sur le tonnerre, couronnée en 1726 par l'Académie de Bordeaux, le Père Lozeran de Fesc ne regardait pas non plus les éclairs de chaleur comme des éclairs primordiaux. Suivant lui aussi, ils sont la réverbération sur des couches atmosphériques plus ou moins élevées d'éclairs ordinaires nés au sein d'un orage dont la vue directe est empêchée par la rondeur de la terre.

Cette explication est très-simple, et la plupart des physiciens l'ont adoptée. Quoi de plus naturel, en effet, que de douer l'atmosphère d'une certaine force réfléchissante? N'est-ce pas elle qui nous reflète la lumière crépusculaire longtemps avant que le soleil soit levé, longtemps après qu'il est couché?

Ce raisonnement serait susceptible de quelques doutes puisés dans des considérations de quantité. Ne pourrait-on pas dire que l'atmosphère, quoique assez réfléchissante pour nous renvoyer la lumière crépusculaire provenant du soleil, ne doit réverbérer rien de sensible quand elle ne reçoit que la lumière comparativement très-faible des éclairs? Voici la réponse :

En 1739, pendant des expériences sur la vitesse du son, Cassini et Lacaille apercevaient dans l'atmosphère la lumière provenant du canon qu'on tirait au pied du fanal de Cette, alors même que dans les stations qu'ils occupaient, la ville et le fanal leur étaient complétement cachés par des objets intermédiaires, tels que la montagne de Saint-Bauzeli, etc. En 1803, M. de Zach faisait donner des signaux au mont Brocken du Harz, pour déterminer des différences de longitudes. Des observateurs placés sur la montagne de Kenlenberg, à plus de 60 lieues de distance, apercevaient la lumière des 180 à 220 grammes de poudre qu'on brûlait chaque fois à l'air libre, quoique le Brocken, à cause de la rondeur de la terre, ne soit pas visible du Kenlenberg. J'ajouterai enfin que, lorsqu'on tire à Paris le canon de la batterie basse des Invalides, un observateur placé dans les allées du jardin du Luxembourg voisines de la rue d'Enfer, d'où l'on ne voit ni les divers étages du bâtiment, ni même la flèche si élevée de son dôme, aperçoit dans l'air, au moment de chaque décharge, une lueur qui s'étend jusqu'au zénith et au delà.

Si les faibles lumières qui résultent de l'inflammation de 200 grammes de poudre se reflètent dans l'atmosphère d'une manière aussi évidente, que ne peut-on pas attendre de la réflexion de la lumière infiniment plus vive de certains éclairs!

En voilà certainement assez pour établir la possibilité, la probabilité, si l'on veut, de l'explication que nous avons indiquée des éclairs de chaleur. Cependant il reste encore quelque chose à faire : il faut essayer de donner à cette

explication le caractère de la plupart des théories scientifiques modernes; il reste à passer de la conjecture à une véritable démonstration. Voici deux cas où toutes les conditions désirables se trouvent, ce me semble, réunies. J'ai trouvé l'un dans le Voyage de Saussure; j'ai recueilli l'autre, en parcourant ligne à ligne les deux volumes d'Observations météorologiques de M. Luke Howard.

Dans la nuit du 10 au 11 juillet 1783, l'illustre historien des Alpes se trouvait à l'hospice du Grimsel, par un ciel calme et serein. Ce pendant, en regardant dans la direction de Genève, il voyait à l'horizon quelques bandes de nuages d'où sortaient des éclairs qui ne paraissaient produire absolument aucun bruit. La même nuit, au même instant, la ville de Genève éprouvait le plus épouvantable orage dont les habitants de ce pays aient jamais été témoins.

Le 31 juillet 1813, M. Howard voyait de Tottenham, près de Londres, de faibles éclairs de chaleur à l'horizon, vers le sud-est. Le ciel était étoilé; il n'y avait pas un seul nuage dans le firmament! M. Howard apprit bientôt de son frère, qui se trouvait sur la côte sud-est de l'Angleterre, que ce même 31 juillet, à l'heure des éclairs silencieux de Tottenham, on apercevait de Hastings un grand orage qui embrassait, en France, l'espace compris entre Dunkerque et Calais. Ainsi les éclairs dont on apercevait la lueur dans l'atmosphère de Londres étaient nés au milieu de nuages situés à près de 50 lieues de distance.

Avoir prouvé que les éclairs de chaleur sont quelquefois des éclairs réfléchis, n'implique pas la conséquence

qu'ils ont toujours la même origine. Ceux qui croient qu'un ciel parfaitement serein est souvent sillonné par des éclairs directs, par des éclairs qui jaillissent spontanément dans un air sans nuages, peuvent s'appuyer sur la circonstance que souvent les prétendus éclairs de chaleur se montrent, à Paris par exemple, pendant des nuits entières,. et vers tous les points de l'horizon, sans que le ciel vienne à se couvrir. L'existence aussi prolongée d'une sorte d'oasis de sérénité n'est, en effet, guère probable.

Le jour où il y aura sur la surface d'un pays autant d'observateurs météorologistes que la science le réclame, on arrivera aisément, par la comparaison de leurs journaux, à reconnaître si les éclairs de chaleur vus dans un endroit donné étaient ou n'étaient pas la réverbération des éclairs provenant d'un orage éloigné. En attendant, il ne me semble pas impossible de décider la question par les observations d'un seul lieu, d'une seule personne, et à l'instant même où le phénomène apparaît.

L'instrument que je réclamerai pour cela n'est pas compliqué. Il se compose d'un tuyau de 3 à 4 décimètres de long, portant à celle de ses extrémités qui doit être tournée vers les éclairs un bouchon percé d'une ouverture circulaire de quelques millimètres de diamètre. Cette ouverture est couverte d'une plaque de cristal de roche à faces parallèles, de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, taillée perpendiculairement aux arêtes du prisme hexaèdre du cristal naturel. A l'autre extrémité du tuyau, à celle où s'applique l'œil, existe un prisme de carbonate

de chaux, de quartz ou de tout autre cristal doué de la double réfraction. Ce prisme est achromatisé.

Sans le prisme, si vous dirigiez le tuyau vers un objet rayonnant ou seulement éclairé, vous ne verriez qu'un disque circulaire plus ou moins lumineux. A travers le prisme doublement réfringent, vous apercevez deux de ces disques.

Quand la lumière de l'objet qu'on observe est de la lumière blanche directe, les deux disques paraissent blancs. Si, au contraire, la lumière éclairante n'arrive dans le tuyau qu'après avoir été réfléchie sous un angle notablement différent de 90°, les deux disques sont diversement colorés. Supposez l'un rouge, par exemple, l'autre sera vert. Les deux teintes changent quand on fait tourner le tuyau sur lui-même, mais elles sont toujours complémentaires l'une de l'autre : leur réunion reproduit le blanc.

La lumière reflétée par l'air atmosphérique jouit, dans notre instrument, de toutes les propriétés de celle qui est réfléchie par le verre, par l'eau, etc. Dirigez, en effet, le tuyau vers un ciel serein, et vous verrez les deux disques briller des plus vives couleurs. Il n'y a qu'une zone très-étroite voisine du soleil, et un espace plus circonscrit encore situé à l'opposite, où la coloration soit insensible.

A peine aurai-je maintenant besoin d'ajouter quelques mots pour expliquer comment ce simple tuyau conduira à la solution désirée :

Il est nuit, l'air est serein, de temps à autre des éclairs dits de chaleur illuminent le ciel. Après avoir

dirigé le tuyau vers la région où le phénomène se manifeste le plus ordinairement, on regarde à travers comme si c'était une véritable lunette. Quand un éclair brille, on voit aussitôt deux disques brillants. Ces deux disques sont-ils blancs, ou plutôt sont-ils l'un et l'autre de la teinte même de l'éclair, concluez-en avec certitude qu'on a observé de la lumière directe, qu'elle n'est pas arrivée à l'œil par voie de réverbération, que l'éclair a pris naissance dans la portion d'atmosphère située au-dessus de l'horizon. Les deux disques, au contraire, se montrent-ils colorés, c'est une preuve que la lumière, dont les cristaux renfermés dans le tuyau font une sorte d'analyse, est de la lumière réfléchie, qu'elle provient d'éclairs engendrés au-dessous de l'horizon visible. En mesurant l'intensité de la coloration des disques, on arriverait sans trop de difficulté à décider quelle région atmosphérique occupent ces derniers éclairs; mais je dois ici m'interdire de trop minutieux détails. Il me suffit d'avoir montré comment, à l'aide de l'observation la plus simple on pourra dissiper tous les doutes que la question des éclairs de chaleur avait soulevés.

Si l'on croit peu aujourd'hui à des éclairs silencieux engendrés au sein des nuages, c'est que, dans la seule explication un tant soit peu plausible qui ait été donnée des éclairs, le bruit doit résulter, au moins tout aussi inévitablement que la lumière, de l'action des causes physiques que l'explication met en jeu. Aussi ne manque-t-on pas de recourir à d'excessifs éloignements des nuées orageuses, quand il faut comprendre pourquoi on n'entend absolument aucune détonation à la suite de certains

éclairs éblouissants. Ces immenses, éloignements rien ne les justifie ; en tout cas, ils ne suffiraient pas pour expliquer l'observation de Deluc (chap. XIV, p. 87), dans laquelle des éclairs de même intensité et nés dans les mêmes nuages étaient suivis, les uns d'étourdissants roulements, les autres d'un silence absolu. Veut-on, au surplus, la preuve que, dans l'atmosphère, un bruit n'est pas l'accompagnement nécessaire de toute production de lumière? La voici :

Les trombes sont quelquefois le foyer d'éclairs très-brillants. Le 4 juin 1814, M. Griswold se trouva à une *petite* distance (400 mètres) d'un de ces météores, dans le territoire des Illinois. Des éclairs presque continus et d'un éclat incomparable descendaient des nuages vers la terre, à une petite distance de la surface extérieure de la trombe, ou peut-être même le long de cette surface. Cependant, on n'entendait absolument aucune détonation[1].

Les tonnerres sans éclairs sur lesquels j'ai précédemment appelé l'attention des lecteurs (chap. XIII, p. 84), peuvent s'expliquer très-simplement.

Concevons deux couches distinctes de nuages super-

1. Pour tous les observateurs de la trombe, cette absence de bruit au milieu d'irradiations aussi éblouissantes, était un phénomène sans exemple. M. Griswold croit qu'au fond le bruit existait comme dans un orage ordinaire. Suivant lui, le rapide mouvement giratoire de l'air qui constitue le météore, empêchait les vibrations sonores de sortir de l'enceinte même de la trombe et de se communiquer à l'air à peu près tranquille de l'atmosphère. Je doute que cette explication, tout ingénieuse qu'elle puisse être, fasse beaucoup de prosélytes. On aimera mieux croire à une production de lumière sans bruit.

posées. Supposons que la couche supérieure devienne le siége d'un grand orage; qu'elle soit sillonnée par de brillants éclairs, qu'il en parte de retentissantes détonations. Si les nuages inférieurs sont très-opaques ou très-épais, la lumière des éclairs, quelque vive qu'on la suppose, ne les traversera pas; elle s'y absorbera presque en totalité; il n'en arrivera rien de sensible à la surface de la terre, et cependant, comme des corps non perméables à la lumière se laissent facilement traverser par le son, le même observateur qui ne voit pas l'éclair entendra parfaitement le tonnerre.

La double supposition que deux couches de nuages superposées existent simultanément dans l'atmosphère à différentes hauteurs, et qu'un orage se manifeste dans la couche supérieure seulement, seraient, au besoin, appuyées sur les relations de trop de voyageurs véridiques, pour que nous n'ayons pas la certitude d'avoir indiqué une des causes des tonnerres sans éclairs. Je dis seulement une des causes, car j'ai cité (p. 142 et suiv.) des foudres dont le siége ne paraît pas être dans les nuages, et qui détonent violemment sans avoir été annoncées par aucun phénomène lumineux.

§. 2. — Du tonnerre ordinaire, de l'intervalle qui le sépare de l'éclair, de son roulement, de ses éclats, des plus grandes distances auxquelles on l'entende, du tonnerre des jours sereins, de la longueur des éclairs.

Quelquefois le tonnerre ne se fait entendre qu'un temps assez long après que l'éclair a brillé. Ceci a besoin d'explication, car personne ne doute, quoique la chose soit loin d'être démontrée, que la lumière et le bruit n'aient

été engendrés simultanément. Le phénomène au reste est si simple, que les anciens, très-peu avancés généralement sur les matières de physique, en avaient déjà connu la véritable cause. Prenez, par exemple, le livre VI du poëme de Lucrèce, et vous y lirez d'abord des observations destinées à établir que la lumière se meut en général beaucoup plus vite que le son. Quelques vers après, vous trouverez, comme conséquence inévitable des prémisses, que la lumière de la foudre doit arriver à terre bien plus vite que son fracas, quoique fracas et lumière aient été formés au même instant et par le même choc.

Cette explication est parfaitement exacte. Le seul avantage que nous ayons à cet égard sur les philosophes de l'antiquité, c'est de pouvoir assigner pour chaque distance donnée le retard du son sur la lumière, en secondes entières et fractions de seconde.

Deux phénomènes astronomiques (les éclipses des satellites de Jupiter et l'aberration) ont servi à prouver que la lumière traverse uniformément l'espace, avec une vitesse de 80,000 lieues environ par seconde de temps. Il résulte de là qu'elle n'emploie que un huit-millième de seconde à franchir 10 lieues. 10 lieues surpassent, sans aucun doute, la hauteur à laquelle les éclairs et le tonnerre s'engendrent dans notre atmosphère. A moins donc qu'on ne veuille tenir compte d'une inappréciable fraction de seconde, il sera permis, dans toutes nos recherches sur le tonnerre, de supposer que nous voyons l'éclair à l'instant même où il est né.

Quant au son, on peut affirmer, d'après les expériences les plus récentes, qu'à la température de + 10° centi-

grades, sa vitesse est de 337 mètres par seconde. Si le nuage où la foudre a éclaté est à 337 mètres de distance en ligne droite, il s'écoulera donc une seconde entière entre l'apparition de la lumière et l'arrivée du bruit :

A une distance de 674^m correspondrait 2^s d'intervalle;
A. . . . . 1011^m . . . . 3^s
. . . .
A. . . . . 3370^m . . . . 10^s

et toujours ainsi proportionnellement.

L'observateur qui aura déterminé avec un chronomètre, le nombre de secondes comprises entre l'arrivée de l'éclair et celle du tonnerre, en déduira donc facilement la distance qui le sépare du point où le météore s'est manifesté. Il lui suffira de multiplier ce nombre, entier ou fractionnaire, par 337. Le produit sera la distance cherchée exprimée en mètres.

Ce résultat, il faut bien le remarquer, est en général la distance rectiligne du nuage, mesurée sur une ligne inclinée à l'horizon; c'est l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les deux autres côtés sont, d'une part, une portion de l'horizontale du lieu de l'observation, de l'autre, la hauteur verticale du nuage sur cette même horizontale.

Pour déduire de la longueur de l'hypoténuse, la hauteur verticale du nuage, il faut connaître la hauteur angulaire de l'extrémité de l'éclair la plus voisine du lieu de l'observation; il faut savoir si elle est de 10°, de 20°, de 45°, etc. Cette hauteur, on la mesure avec une précision suffisante à l'aide d'un graphomètre, d'un théodolite,

ou d'un instrument à réflexion, en prenant pour repère, pour point de mire, les accidents fortuits de forme ou de clarté les plus voisins du point où l'éclair s'est montré et dont les nuages orageux ne sont jamais exempts. Cela une fois connu, le calcul s'effectue en un trait de plume.

C'est ainsi, de point en point, qu'ont été déterminées les hauteurs absolues de nuages, rapportées chapitre IV, pages 20 et suivantes. Ce genre d'observations a été jusqu'ici trop négligé ; la météorologie est très-intéressée à le voir se répandre. Les plus grands et les plus petits intervalles entre l'éclair et le tonnerre doivent surtout fixer l'attention des physiciens : les premiers, parce qu'ils servent aujourd'hui à la détermination de la plus grande hauteur des nuages orageux ; les seconds, à cause de leur liaison possible avec une question très-controversée dont je dirai ici quelques mots.

Quand une seconde de temps s'écoule entre l'éclair et le tonnerre, les nuages sont au plus à 337 mètres de hauteur verticale ; quand l'intervalle des deux phénomènes est de 1/2 seconde, la hauteur des nuages ne peut pas être supérieure à 168 mètres ; à 4/10es, à 3/10es, à 2/10es, à 1/10e de seconde d'intervalle, correspondraient, respectivement, des hauteurs de nuages inférieures à 135 mètres, à 101 mètres, à 68 mètres, à 34 mètres.

La flèche des Invalides est à 105 mètres de hauteur verticale. Supposons qu'en temps d'orage, quelqu'un placé près du monument aperçoive un de ces éclairs qui ne paraissent pas quitter les nuages et qu'il s'assure de plus que le tonnerre a succédé à l'éclair après le court intervalle de 3/10es de seconde. De ce nombre résultera,

comme nous venons de le voir, la conséquence que les nuages, foyer supposé de la foudre, ne pourraient être à plus de 101 mètres de hauteur, et qu'ils devraient envelopper la flèche du dôme. Si donc la flèche est restée libre, si les nuages l'ont toujours dominée, il sera prouvé que la détonation n'est pas née dans leur sein, et la théorie des foudres ascendantes produira en sa faveur un argument presque irrésistible.

A Strasbourg, dont le clocher a 142 mètres de hauteur, le même mode d'observation s'étendrait jusqu'au cas où l'intervalle de l'éclair au bruit serait de 4/10es de seconde. Près des montagnes, si l'on s'y était procuré à l'avance un certain nombre de repères bien cotés, il deviendrait facile d'aller à des secondes entières. Des secondes entières d'intervalle ne seraient enfin, en aucun lieu, un obstacle à l'application de la méthode, si l'on était muni d'un ballon captif, à l'aide duquel on pourrait ou déterminer la hauteur exacte des nuages, ou même seulement une limite en moins.

Je ne sais si je me trompe, mais des observations de ce genre méritent toute l'attention des physiciens. Ne serait-il pas intéressant de trancher par une simple comparaison de chiffres l'interminable question des foudres ascendantes, c'est-à-dire des foudres qu'on a supposées devoir s'élever de terre? Quant à ceux qui pensent que deux effluves, l'une ascendante et l'autre descendante, concourent invariablement à la production de tous ces phénomènes, ils trouveraient peut-être dans le même cadre d'expériences, en les supposant faites de deux lieux à la fois, de quoi reconnaître où la détonation se produit ;

or, n'auraient-ils pas donné à leur système un grand degré de probabilité, si, par exemple, le foyer de ces détonations paraissait devoir être entre les nuages et la terre?

En partant des données numériques que nous rapportions tout à l'heure, cherchons aussi à déterminer les plus grandes distances auxquelles le tonnerre ait jamais été entendu.

On a pu voir, à la page 82, que de L'Isle compta une fois 72 secondes entre l'éclair et le tonnerre. Ce nombre, le plus considérable dont il soit fait mention dans les annales de la météorologie, multiplié par 337, donne pour la distance du nuage où l'éclair s'était montré : 24,264 mètres, ou environ 6 lieues de 4,000 mètres.

Après ce résultat exceptionnel (72 secondes), le plus fort qu'il m'ait été possible de recueillir est 49 secondes. Ce nombre multiplié par 337, donne : 16,513 mètres, ou un peu plus de 4 lieues de 4,000 mètres.

La plus grande distance à laquelle le tonnerre se soit jamais fait entendre paraît donc être de 6 lieues de poste. Les plus grandes distances habituelles ne s'élèvent guère qu'à 4 lieues [1].

1. On sera peut-être bien aise de trouver ici quelques limites de distances déterminées directement. Le 25 janvier 1757, la foudre tomba avec un bruit épouvantable sur le clocher de Lestwithiel (Cornouailles) et le détruisit presque en totalité. Le célèbre Smeaton en était alors éloigné d'environ 12 lieues (*therty miles*). Il vit les éclairs, mais il n'entendit absolument aucun bruit.

Muschenbroek rapporte qu'il tonne quelquefois très-fortement à La Haye, sans qu'on entende rien à Leyde, à la distance de 4 lieues (16 kilomètres), et à Rotterdam, à la distance de 5 lieues 1/4. On a aussi des exemples d'orages très-violents qui avaient éclaté sur la ville d'Amsterdam, et dont le bruit ne se propagea pas jusqu'à Leyde, à la distance de 9 lieues.

La petitesse de ces distances frappera surtout quand on aura remarqué à quel point le bruit du canon s'entend de plus loin. Je trouve, par exemple :

Que le canon tiré à Florence s'entend quelquefois du vieux château du Monte-Rotondo, près de Livourne, à la distance, en ligne droite, de 20 lieues 1/2 (82 kilomètres) ;

Que lorsqu'on tire le canon à Livourne, on l'entend quelquefois à Porto-Ferrajo, à la distance de 20 lieues 1/4 (81 kilomètres) ;

Qu'à l'époque où les Français faisaient le siége de Gênes, le bruit de leur artillerie était entendu de Livourne, à la distance de 36 lieues 3/4 (147 kilomètres).

La petitesse de la distance qui suffit pour éteindre complétement le bruit des plus violents tonnerres a excité l'étonnement dans tous les pays. Ainsi, je trouve dans les *Mémoires des missionnaires de la Chine*, tome IV, que l'empereur Kang-hi, qui s'était occupé en physicien des phénomènes de la foudre, portait à 10 lieues le plus grand intervalle que ses détonations pussent franchir. Il assurait, au contraire, avoir entendu le bruit de l'artillerie jusqu'à la distance de 30 lieues. Aujourd'hui, les recherches doivent tendre à découvrir si le grand affaiblissement du son sur lequel nous venons de tant insister ne dépendrait pas exclusivement des réflexions partielles qu'il subit en rencontrant obliquement les surfaces de séparation des couches atmosphériques de différentes densités[1].

1. On sait en général très-peu de chose touchant les causes diverses qui peuvent influer sur l'intensité du son et sur leur mode

J'ai reçu de M. de Saint-Cricq l'assurance qu'on entendit le canon de Waterloo, de la ville de Creil, à la distance de 50 lieues (200 kilomètres). Suivant M. Élie de Beaumont, la canonnade du 30 mars 1814 fut entendue très-distinctement dans la commune de Casson, située entre Lizieux et Caen, à environ 176 kilomètres ou 44 lieues de Paris en ligne droite.

A l'aide des résultats que nous venons d'obtenir touchant les plus grandes distances que le bruit du tonnerre franchisse, nous pourrons trancher une question importante : nous déciderons s'il faut se résoudre à ne voir dans les tonnerres des jours sereins que des retentissements de tonnerres ordinaires, élaborés au sein de nuages qui se trouvent au-dessous de l'horizon, ou s'il est permis de les considérer comme des tonnerres qui sont nés et qui

d'action. Derham prétend que les sons s'entendent de plus loin et plus distinctivement en hiver, et surtout pendant la gelée qu'en été. Cette opinion a été confirmée par le capitaine Parry. Je lis dans son premier voyage (p. 143) : « La distance à laquelle on entendait les sons en plein air tant que régna le froid intense, était extrêmement grande et excitait constamment notre surprise malgré les fréquentes occasions que nous avions de faire cette remarque. Par exemple, nous avons entendu souvent à la distance de 1 mille (1600 mètres), des hommes qui causaient entre eux avec leur voix ordinaire. Le 11 février 1820, j'entendis à une plus grande distance encore un homme qui se sifflait à lui-même (*a man singing to himself*) en marchant le long de la grève. »

Derham croit avoir remarqué que la neige nouvellement tombée est une cause d'affaiblissement du son plus efficace que la neige ancienne à la surface de laquelle il s'est formé une croûte unie. Il dit aussi que les brouillards amortissent considérablement les ondes sonores. Des brouillards uniformément répandus, produisent probablement l'effet annoncé par le physicien anglais. Dans d'autres conditions ils font tout le contraire. Ainsi, en novembre 1812, l'atmosphère étant couverte à une petite hauteur d'une couche épaisse

ont éclaté au milieu de l'atmosphère la plus pure. Voici, en quelques mots, par quels liens ces deux genres de vérités se tiennent.

Un homme de petite taille, dont l'œil est élevé de 1 mètre 6 décimètres, peut voir, si l'horizon est bien dégagé, un objet placé à terre, jusqu'à la distance d'une lieue de 4,000 mètres.

Si l'objet est élevé de 25 mètres, il sera aperçu à 5 lieues 1/2.

Si la hauteur est de 500 mètres, on le découvrira à la distance de 21 lieues.

Supposons, enfin, l'objet à 1,000 mètres d'élévation, et nous le verrons encore à plus de 29 lieues.

Revenons maintenant à l'observation que nous avons déjà rapportée (p. 88). Volney, dont l'esprit d'exactitude est si bien connu, se trouvant à Pontchartrain, en-

et continue de vapeur, M. Howard entendit distinctement le bruit que faisaient les voitures en roulant sur le pavé de Londres, quoiqu'il se trouvât alors à une distance moyenne de cette ville qui n'était pas au-dessous de 2 lieues (5 milles).

Les observations de M. de Humboldt faites sur les rives de l'Orénoque, ont parfaitement établi que les sons se propagent plus loin la nuit que le jour. Est-il également certain que la différence dépende, comme l'insinue ingénieusement mon illustre ami, des courants d'air chaud qui de jour s'élèvent du sol vers les régions supérieures de l'atmosphère?

C'est une opinion admise que le vent quand il souffle en sens contraire de la direction suivant laquelle se propage le bruit, diminue considérablement son intensité. Sur ce point les faits confirment le sentiment général. Il n'en est pas de même de l'opinion, non moins répandue, que des vents marchant dans le même sens que le son, maintiennent sa force et le transportent plus au loin. Des observations de F. Delaroche sembleraient établir que s'il y a, quant à l'intensité, des vents contraires au son, il n'en existe pas de favorables.

tend très-distinctement quatre à cinq coups de tonnerre. Il regarde autour de lui, il n'aperçoit aucun nuage ni dans le firmament ni près de terre. Si les cinq coups ne sont pas partis de la portion d'atmosphère diaphane qui recouvre l'horizon visible ; si leur foyer ou leur cause doit être cherchée dans des nuages situés au delà des limites de cet horizon, il faudra que ces nuages ne soient pas à plus de 6 lieues de distance, car sans cela la détonation n'aurait pas été entendue ; or, des nuages, pour être invisibles à la distance de 6 lieues, ne doivent pas se trouver à *plus* d'une trentaine de mètres d'élévation. Nous voilà *donc* amenés à cette alternative : ou les tonnerres entendus par Volney venaient d'une atmosphère parfaitement sereine, ou ils avaient pris naissance dans les nuages situés, au plus, à la très-petite hauteur de 30 mètres. Entre ces deux hypothèques, le choix me semble devoir être d'autant moins douteux, que les nuages qui, une heure après les détonations entendues par Volney, envahirent l'atmosphère de Pontchartrain, étaient des nuages à grêle très-élevés. Quoi qu'il en soit de cette argumentation, quant à l'observation particulière qui l'a fait naître, il n'en demeure pas moins établi qu'après avoir entendu des coups de tonnerre par un ciel serein, on devra soigneusement chercher, en regardant tout autour de soi, si quelque nuage ne commencerait pas à poindre aux limites de l'horizon visible [1].

1. En y regardant de bien près, je n'ai trouvé que les circonstances de l'observation de Volney, desquelles il découlât d'une manière certaine que le tonnerre peut s'engendrer dans un ciel serein.

Pline rapporte qu'à l'époque de la conspiration de Catilina, un décurion du municipe de Pompeia (M. Herennius) fut frappé de la

Pour déduire quelques conséquences importantes de la détermination de l'intervalle de temps qui sépare l'éclair du bruit de la foudre, nous n'avons pas eu besoin de savoir à quelle cause physique le tonnerre doit être attribué. Les recherches qui ont été faites pour découvrir cette cause n'en doivent pas moins être mentionnées ici, quoiqu'elles n'aient pas eu tout le succès désirable.

foudre par un ciel sans nuages. Pline ne dit point si le tonnerre accompagna la foudre. Cette citation laisse donc la question tout entière.

Suétone nous apprend « qu'après la mort de César, on vit, par un ciel pur et serein, un cercle semblable à l'arc-en-ciel entourer le disque du soleil, et la foudre frapper le monument de Julie, fille de César. »

Nous savons aujourd'hui qu'aucun cercle semblable à l'arc-en-ciel, qu'aucun cercle, soit halo, soit simple couronne, ne se forme autour du soleil par un ciel pur et serein. L'historien aurait dû se contenter de dire que le phénomène arriva par un temps légèrement couvert. On aura d'ailleurs remarqué qu'il ne parle pas de tonnerre.

L'événement raconté par Crescentius soulève le même doute. Cet auteur déclare bien qu'un jour, vers midi, par un ciel serein, près de l'île Procida, la foudre se précipita sur la galère à trois rangs de rames, *la Sainte-Lucie*, où dînait le cardinal d'Aragon ; qu'elle détruisit plusieurs parties du gréement, qu'elle tua trois forçats, qu'elle endommagea deux autres galères; mais cette foudre fit-elle du bruit? Je l'ignore. Les dégâts ne résultèrent-ils pas de la chute d'aérolithes? Personne ne pourrait aujourd'hui répondre à cette question.

On lit dans les *Mémoires de Forbin*, à la date de 1685 : « Le ciel étant fort serein (près du détroit de la Sonde), nous entendîmes un grand coup de tonnerre, semblable au bruit d'un canon tiré à boulet; la foudre, qui sifflait horriblement, tomba dans la mer à deux cents pas du navire, et continua à siffler dans l'eau qu'elle fit bouillonner pendant un fort long espace de temps. »

Toutes ces circonstances ressemblent trop bien à celles qui accompagnent la chute d'un gros aérolithe, pour qu'il ne soit pas naturel de croire que la détonation, le sifflement et le bouillonnement de la mer décrits par Forbin, dépendirent d'un de ces météores.

Le choc de nos deux mains produit un bruit éclatant; quel fracas ne doit-il donc pas résulter de la collision de deux énormes nuées? Telle est, en substance, l'idée que Sénèque s'était formée du bruit du tonnerre (*Quest. nat.*, liv. II, § 27).

Descartes n'a guère fait, ce me semble, que reproduire l'explication de l'auteur des *Questions naturelles*, et essayer de la fortifier par une comparaison : « Pour les orages, dit-il, qui sont accompagnés de tonnerre, d'éclairs, de tourbillons et de foudre, desquels j'ai pu voir quelques exemples sur terre, je ne doute point qu'ils ne soient causés de ce qu'y ayant plusieurs nues l'une sur l'autre, il arrive quelquefois que les hautes descendent fort à coup sur les plus basses, en même façon que je me souviens d'avoir vu autrefois dans les Alpes, environ le mois de mai, que les neiges étant échauffées et appesanties par le soleil, la moindre émotion de l'air était suffisante pour en faire tomber subitement de gros tas, qu'on nommait, ce me semble des avalanches, et qui, retentissant dans les vallées, imitaient assez bien le bruit du tonnerre. »

Un seul mot, et cette explication s'écroulera d'elle-même : il tonne souvent, sans qu'il y ait dans l'atmosphère deux couches de nuages.

Sénèque et Descartes se servaient du prétendu rapprochement subit de deux couches de nuages superposées, pour condenser une certaine masse d'air dont la dilatation également brusque engendrait ensuite le bruit du tonnerre. Leurs successeurs ont fait intervenir l'atmosphère dans l'explication du phénomène, d'une manière

en quelque sorte inverse. Ils croient que, dans son trajet, la foudre produit le vide partout où elle passe. Le bruit serait la conséquence de la rentrée de l'air, ainsi que cela arrive dans l'appareil connu dans tous les cabinets de physique sous le nom de *crève-vessie*.

La rentrée subite de l'air dans le vide doit incontestablement occasionner du bruit. Si la foudre produit du vide en traversant l'atmosphère, le tonnerre en sera la conséquence ; mais par quelle cause physique la foudre engendre-t-elle un vide ? Voilà ce que personne n'a découvert. L'explication du tonnerre est donc encore à trouver ; jusqu'ici on s'est contenté de remplacer une difficulté par une difficulté plus grande.

Quelle que soit, au surplus, la cause physique des détonations de la foudre, il n'en reste pas moins à rechercher dès à présent l'origine des longs roulements que tout le monde a remarqués, l'origine des changements d'intensité subits et si souvent répétés, qui sont connus des météorologistes sous le nom d'*éclats*.

Pendant longtemps, on s'est accordé à voir dans les roulements du tonnerre de simples jeux d'échos. Cette explication a été ensuite abandonnée comme elle avait été adoptée, je veux dire d'après un premier aperçu. Voyons, quant à nous, la place qu'une discussion sérieuse permet de lui assigner.

Tous ceux qui ont été témoins d'un orage dans quelque vallée entourée de hautes montagnes, savent combien des circonstances locales peuvent donner de retentissement, d'intensité, de durée, aux éclats de la foudre. Nous n'avons donc pas à rechercher si, parfois, des échos

jouent un rôle dans ces phénomènes. La question est de décider si toujours des échos sont la cause des roulements observés.

J'ai cité des cas (p. 79) où le roulement du tonnerre a duré 36, 41, et même 45 secondes. Est-il prouvé que des échos pourraient donner lieu à d'aussi longs roulements? En fait d'échos proprement dits, ce qui, en ce moment, me revient à la mémoire de plus extraordinaire, est une observation de mon ami le révérend Will. Scoresby. Près des lacs de Killarney, dans une station que les guides lui avaient indiquée, M. Scoresby entendait le bruit de la décharge d'un pistolet pendant une demi-minute. Nous aurions besoin de trois quarts de minute au moins; mais il est permis de supposer que si le bruit retentissant du canon avait remplacé celui d'un pistolet, les 30 secondes seraient devenues 45 secondes et même davantage. L'intensité me semble d'autant mieux devoir être prise ici en considération que, dans une localité des environs de Paris qui n'a jamais été citée, je crois, comme bien remarquable sous le rapport des échos, qu'au pied de la tour de Montlhéry, pendant des expériences sur la vitesse du son faites dans le mois de juin 1822, MM. de Humboldt, Bouvard, Gay-Lussac et Émile de Laplace entendaient pendant 20 à 25 secondes le roulement du canon qu'on tirait à côté d'eux. Il y a donc peu d'espoir d'arriver ainsi à quelque chose de décisif, touchant le rôle exact que jouent les échos dans le roulement du tonnerre.

Les marins assurent qu'en pleine mer la foudre est accompagnée de longs roulements comme à terre, quoi-

qu'il n'y ait là, pour refléter le son, ni pans de mur, ni rochers, ni bois, ni collines, ni montagnes. Ceux qui s'appuient sur cette énumération, oublient les nuages, ou plutôt ils admettent que les nuages ne jouissent pas de la faculté de réfléchir les sons. Muschenbroek dit cependant que, dans la même localité où la décharge du canon ne fait entendre qu'un seul coup quand le ciel est serein, le bruit se répète plusieurs fois si le temps est couvert. L'observation du physicien hollandais semble-t-elle trop peu circonstanciée pour être admise? J'extrairai alors de la note que je publiai en 1822 sur les expériences relatives à la vitesse du son dont il a déjà été question, ces remarques :

« A Villejuif, il nous est arrivé quatre fois d'entendre, à deux secondes d'intervalle, deux coups distincts du canon de Montlhéry. Dans deux autres circonstances, le bruit de ce canon a été accompagné d'un roulement prolongé. Ces phénomènes n'ont jamais eu lieu qu'au moment de l'apparition de quelques nuages. Par un ciel complétement serein, le bruit était unique, il ne durait qu'un instant. »

Définitivement, pour prouver que les roulements du tonnerre ne résultent pas toujours et seulement de sons réfléchis, voici sur quelle remarque on pourrait s'appuyer :

Le ciel est uniformément couvert; un éclair se montre au zénith; à peu de secondes d'intervalle, le tonnerre éclate et son roulement se prolonge; quelque temps après, un nouvel éclair fend la nue dans la même région zénithale, le tonnerre le suit, mais cette fois le coup, quoique

très-fort, est sec ; il ne dure pas. Comment expliquerait-on ces grandes dissemblances en faisant du roulement du tonnerre un simple phénomène d'échos?

Un des auteurs les plus féconds et les plus ingénieux dont l'Angleterre puisse se glorifier, le docteur Robert Hooke, a été le premier, je crois, à faire intervenir, dans l'explication du roulement du tonnerre, une circonstance importante négligée à tort par la plupart des physiciens modernes. Je veux parler de la distinction essentielle qu'il établit à la page 424 des *Posthumous works* imprimés en 1705, entre les éclairs simples et les éclairs composés ou multiples. Chacun des premiers, dit l'auteur, n'occupe qu'un point dans l'espace et donne naissance à un bruit court, instantané. Le bruit des autres, au contraire, est un roulement prolongé, parce que les différentes parties des longues lignes que ces éclairs occupent, se trouvant en général à des distances diverses, les sons qui s'y engendrent, soit successivement, soit au même instant physique, doivent employer des temps graduellement inégaux pour venir frapper l'oreille de l'observateur.

Cette vue ingénieuse du docteur Robert Hooke fut reproduite, il y a une cinquantaine d'années, dans *l'Encyclopédie britannique*, par M. Robison. Une pareille adoption devant la recommander aux météorologistes, je placerai ici la traduction de quelques lignes que le célèbre professeur d'Édimburg a consacrées à cet objet.

« J'aperçus parallèlement à l'horizon un éclair qui pouvait avoir 3 milles (4,800 mètres) de long. Il me parut coexistant : personne n'aurait pu dire par quelle extrémité il commença. Le tonnerre se composa, au début,

d'un coup très-intense, et ensuite d'un roulement irrégulier qui dura environ 15 secondes. J'imagine que les détonations arrivèrent simultanément dans la vaste étendue de l'éclair, mais qu'elles ne furent pas partout de la même intensité. Différentes portions de l'agitation sonore (*sonorous agitation*) arrivèrent jusqu'à l'oreille à l'aide des ondulations sonores de l'air, les unes après les autres, ce qui produisit l'effet d'un son prolongé. Telles seraient aussi les apparences, pour une personne placée à l'extrémité d'une longue file de soldats qui tireraient tous leurs fusils au même instant. Cette personne entendrait de même un roulement irrégulier, si les fusils n'étaient pas également chargés dans les différentes parties de la file. »

Suivons cette comparaison de la file de soldats déchargeant tous leurs armes au même instant, et nous verrons ainsi comment il peut arriver que des éclairs de longueurs semblables en apparence, donnent lieu cependant à des bruits, à des roulements si divers. Supposons d'abord, pour fixer les idées, que la file soit rectiligue et qu'il y ait 1 mètre de distance entre chaque soldat et son voisin. Imaginons de plus que l'observateur, placé à l'une des extrémités de la file, se trouve à 1 mètre, par exemple, du premier soldat.

Le bruit du fusil du premier, du second, du troisième, du centième, etc., etc., soldat, lui arriveront 1/337e, 2/337es, 3/337es, 100/337es de seconde, etc., après la décharge. S'il y a 337 soldats dans la file, le bruit durera 1 seconde, quoiqu'en réalité tous les fusils soient partis simultanément. A 674 soldats correspondrait un bruit de

2 secondes ; à 3,370 soldats, un bruit de 10 secondes, et ainsi de suite, toujours proportionnellement.

La file de soldats restant toujours rectiligne, menons-lui une perpendiculaire par son milieu, et plaçons l'observateur en un point quelconque de cette perpendiculaire. Alors, le bruit qui parviendra le premier à son oreille, sera celui du fusil du soldat du milieu de la file, de celui auquel aboutit le pied même de la perpendiculaire. Ensuite, il lui arrivera successivement, mais par couples, les bruits des fusils de chacun des deux soldats symétriquement placés par rapport au milieu. Le roulement se terminera donc par un bruit provenant de la décharge des fusils situés aux deux extrémités.

Remplaçons une file rectiligne par une file circulaire et plaçons l'observateur au centre. Dans cette position, la distance de cet observateur à tous les soldats étant la même, il n'entendra plus de roulement, mais au lieu de cela une seule détonation formée de la réunion des bruits de tous les fusils.

Ai-je besoin d'en dire davantage pour que chacun comprenne maintenant l'étroite liaison qu'il y a entre les éclats de tonnerre et les zigzags des éclairs? Quand un éclair qui fuyait, si cette expression m'est permise, dans une direction aboutissant à l'œil de l'observateur, se replie sur lui-même pour se présenter pendant quelques instants de face, il est de toute évidence qu'il doit en résulter une augmentation de bruit. Il n'est pas moins clair que cette augmentation sera suivie à son tour d'un affaiblissement brusque, si par une seconde inflexion l'éclair se trouve amené de nouveau à se mouvoir à peu près dans la direc-

tion de la ligne visuelle, et ainsi de suite. Toutefois, des observations, destinées à mettre cette liaison intime des zigzags des éclairs et des éclats du tonnerre au nombre des vérités démontrées, auraient de l'intérêt et me semblent pouvoir être recommandées à l'attention des physiciens.

§ 8. — Longueur des éclairs.

Quiconque a un peu réfléchi sur la marche de l'esprit humain, n'attache guère d'importance aux théories qu'à raison des expériences ou des connexions qu'elles suggèrent et dont, sans ce guide, on ne se serait pas avisé. Ce genre de mérite ne manquera pas à la théorie que nous venons de présenter du roulement du tonnerre. Elle va nous donner en effet, sinon les vraies longueurs des éclairs, du moins des évaluations évidemment plus petites, ce qui est déjà quelque chose.

Concevons un éclair situé tout entier d'un certain côté du zénith. Menons deux rayons visuels à ses deux extrémités. Ces deux rayons et l'éclair supposé rectiligne formeront un triangle dans lequel l'œil de l'observateur occupera l'angle inférieur.

Dans tout triangle de cette espèce, un côté est plus petit que la somme des deux autres. Nous pourrons donc établir l'inégalité suivante : le rayon visuel mené de l'œil de l'observateur à l'extrémité de l'éclair la plus éloignée, est plus petit que la somme formée en ajoutant à la longueur du rayon mené à l'extrémité la plus voisine, la longueur de l'éclair. Mais si deux quantités sont inégales, elles demeurent encore inégales quand toutes les deux ont subi

la même diminution. Des deux longueurs mises en comparaison dans l'inégalité précédente, retranchons le plus court rayon visuel mené de l'observateur à l'éclair ; il restera, d'une part, la différence du plus long au plus court rayon visuel; de l'autre, le court rayon visuel, plus la longueur de l'éclair, moins le court rayon visuel, c'est-à-dire en définitive la longueur de l'éclair. Il demeure ainsi établi que la différence des deux rayons visuels en question est plus petite que la longueur de l'éclair [1]. Quand cette différence sera évaluée en mètres, on aura donc une *limite* en moins pour la longueur cherchée. Voyons maintenant si l'évaluation en mètres de la différence des deux rayons visuels est possible.

Pourquoi l'éclair est-il suivi d'un roulement? Parce que ses diverses parties sont, en général, à des distances inégales de l'observateur. Quelle est la durée du roulement? Cette durée, nous l'avons déjà expliqué aussi, est le temps dont le son a besoin, pour parcourir un intervalle égal à la différence de longueur des deux lignes menées aux deux extrémités de l'éclair. En multipliant par 337 le nombre de secondes que le roulement du tonnerre a duré, on aura donc, en mètres, la différence des deux rayons visuels menés aux deux extrémités de l'éclair, tout comme s'il avait été possible de mesurer cette diffé-

1. Un calcul, pour simple qu'il soit, est toujours difficile à développer en paroles. Le résultat auquel nous voulions arriver n'était au reste que ce principe de géométrie : dans tout triangle rectiligne, un côté est plus grand que la différence des deux autres, principe qui lui-même découle directement de cet autre, connu de tout le monde : un côté est plus petit que la somme des deux autres.

rence dans l'espace. Le résultat de la multiplication sera la limite en moins que nous cherchions. Citons quelques chiffres.

Nous trouvons, à la page 79, que de L'Isle observa à Paris, en 1712, des tonnerres dont les roulements durèrent 39, 41 et 45 secondes. En multipliant ces trois nombres par 337, on aura respectivement 13,143; 13,817; 15,165 mètres, c'est-à-dire que les éclairs correspondants avaient au moins des longueurs de 3.3 lieues; de 3.4 lieues; et de 3.8 lieues. Qui se serait attendu à de si énormes résultats?

Pour fixer les idées, j'ai supposé, en commençant, que l'éclair était situé d'un seul côté du zénith. Toute autre hypothèse n'altérerait pas les conséquences auxquelles nous sommes arrivé. Seulement, les limites calculées (car, faute d'un angle, nous n'avons trouvé que des limites) se trouveraient encore plus au-dessous de la longueur réelle de l'éclair.

En Abyssinie, M. d'Abbadie trouva, trigonométriquement, des éclairs dont la longueur surpassait 6,700 mètres.

M. Petit a vu, à Toulouse, des éclairs dont la longueur atteignait 17,000 mètres.

M. Weissenborn, le traducteur allemand de la première édition de cette notice, a déterminé, trigonométriquement, la longueur d'un éclair qu'il observa près de Weimar, le 2 mai 1839. Il trouva, pour cette longueur, 8,680 mètres, ou un peu plus de 2 lieues. On doit remarquer que les échos n'ont pu exercer aucune influence sur ce résultat.

§ 4. — Odeurs développées par les coups de foudre.

Quelques physiciens n'ont pas cru qu'il fût nécessaire de recourir à des causes particulières pour expliquer l'odeur pénétrante dont chaque explosion de la foudre est accompagnée. La matière fulminante, dans son passage plus ou moins abondant à travers les papilles nerveuses de nos organes, ne peut-elle pas, disent-ils, y exciter elle-même un mouvement analogue à celui qui résulte de l'action de telle ou telle odeur?

Ceci serait jusqu'à un certain point admissible, s'il ne s'agissait que d'une odeur instantanée. Mais la foudre développe partout où elle éclate, même en plein air, des odeurs qui durent longtemps (voyez p. 91). Quand elle pénètre dans un lieu fermé, son passage est suivi de la formation de vapeurs sulfureuses à travers lesquelles on ne peut quelquefois rien voir (voyez p. 92). Il y a donc évidemment des matières disséminées dans l'air. Ces matières, doit-on supposer que la foudre les entraînait dans sa marche, comme celles dont se composent les dépôts pulvérulents étudiés par M. Fusinieri et qui nous ont servi à donner un commencement d'explication des éclairs en boule (voyez p. 219); ou bien proviennent-elles de la vaporisation subite des substances contenues dans les bois verts ou secs, vernis ou non vernis, dans les murs, dans les pierres, les terres, etc., où la foudre a circulé, c'est ce qui ne pourrait être maintenant décidé. Quelle que soit celle de ces deux explications qui prévale, il ne faudra pas trop se préoccuper d'une prétendue constance dans la nature de l'odeur développée. Au besoin, je trouverais,

en effet, que si le plus ordinairement on l'a assimilée à l'odeur de soufre, d'autres ont pris leur terme de comparaison dans le phosphore; d'autres, enfin, dans le gaz nitreux. L'odeur des gaz nitreux, comme on a pu le voir dans le chapitre XVII (p. 94), serait la plus facile à expliquer.

§ 5. — La foudre opère des fusions, des vitrifications instantanées; elle raccourcit les fils métalliques le long desquels sa transmission s'effectue; elle perce de plusieurs trous les corps qui se trouvent sur son passage, etc., etc.

Je ne puis rien ajouter ici à ce que nous avons dit, en point de fait, sur ces singuliers effets de la foudre. Nous ignorons complétement de quelle manière elle développe instantanément tant de chaleur. Pour expliquer les trous multiples qui résultent quelquefois de son passage à travers des plaques métalliques, on a imaginé des modes d'agglomération et de propagation de la matière fulminante, dont le moindre défaut est de ne pas rendre compte des directions inverses des rébarbes. Ces directions inverses portent à croire que deux courants opposés vont se rencontrer à la surface des corps foudroyés. Le raccourcissement des fils semble devoir être la conséquence des efforts que fait la matière fulminante pour s'échapper transversalement, et qui se manifestent aux yeux par des phénomènes de lumière; mais je n'insisterai pas davantage sur ces vagues aperçus. De nouvelles expériences, de nouvelles observations pourront seules leur assigner une place légitime dans la science.

§ 6. — Transports de matière opérés par la foudre.

Les corps en mouvement produisent des effets mécaniques qui dépendent à la fois de leur masse et de leur

vitesse. Quelque faible que fût donc la masse de la matière fulminante, si on la douait d'une suffisante vitesse (en ce sens, la marge est aujourd'hui indéfinie), on arriverait aisément, quant à l'intensité, à expliquer tous les faits que nous avons réunis dans le chapitre XXIII (p. 124). Mais les coups foudroyants n'ont pas seulement excité notre intérêt à raison de leur puissance : nous avons remarqué de plus que les débris des corps brisés par la foudre sont quelquefois, disons mieux, sont ordinairement lancés dans toutes sortes de directions. Cette circonstance se rattacherait difficilement à une explication des effets mécaniques de la foudre, qui reposerait sur la seule théorie du choc des corps; elle découlerait, au contraire, très-simplement de l'hypothèse que la foudre développe, par sa présence au sein des matières qu'elle traverse, un fluide éminemment élastique, dont le ressort doit inévitablement s'exercer dans tous les sens. Se hasarderait-on beaucoup en supposant que le fluide élastique en question n'est autre que de la vapeur d'eau? La matière de la foudre fond, ou du moins fait passer subitement à l'état d'incandescence, des fils métalliques d'une faible grosseur; ne doit-on pas en conclure qu'elle rendra aussi subitement incandescents les minces filets qu'elle trouvera sur son passage? En consultant la table que nous avons donnée, M. Dulong et moi, de l'élasticité de la vapeur, correspondant à divers degrés du thermomètre, on trouvera qu'elle est déjà de 45 atmosphères quand l'eau atteint le 260e degré centigrade. Quelle force cette vapeur ne doit-elle pas avoir à la température beaucoup plus considérable du fer rouge? Une telle force serait

évidemment suffisante pour expliquer, sous le rapport de l'intensité, tout ce que nous connaissons de l'action mécanique de la foudre. Ceux qui préfèrent un fait à une déduction théorique n'auront qu'à consulter les fondeurs sur les terribles effets qui résultent de la présence d'une seule goutte d'eau dans un moule, au moment où le métal incandescent y pénètre, et ils arriveront ainsi directement à la même conséquence. Plaçons de l'humidité dans les fissures, dans les alvéoles d'une pierre de taille, et si la foudre vient à frapper cette pierre, le développement subit de vapeur la brisera, et ses fragments seront projetés au loin, suivant toutes les directions (voyez p. 125 et 127). Dans les mêmes circonstances, la brusque transformation en vapeur éminemment élastique de l'eau mêlée à la couche terrestre sur laquelle les fondations d'une maison reposent, suffira pour soulever la maison en masse et pour la transporter à quelque distance (voyez p. 127). Lorsque Watt vit pour la première fois les tubes creux émaillés que la terre avait produits dans une masse de sable, il s'écria sur-le-champ : « Voilà un effet de la force élastique de la vapeur que la foudre engendra en traversant le sable. » Rien, toutefois, ne me paraît indiquer plus clairement, plus directement, l'action de la vapeur aqueuse que le singulier morcellement que le bois éprouve quand la foudre le traverse.

La foudre fend le bois, suivant sa longueur, en une multitude de lattes minces ou de filets encore plus déliés.

La foudre frappa l'abbaye de Saint-Médard de Soissons en 1676. Voici ce qu'un témoin oculaire rapporte de l'état des chevrons du comble :

« Il s'en trouve quelques-uns de la hauteur de 1 mètre, divisés presque de haut en bas en forme de lattes assez minces; d'autres de la même hauteur sont divisés en forme de longues allumettes; on en trouve enfin quelques-uns divisés en filets si déliés, suivant l'ordre des fibres, qu'ils ne ressemblent pas mal à un balai usé. »

Passons du bois mort au bois vert, et nous verrons des effets analogues.

Le 27 juin 1756, la foudre tomba à l'abbaye du Val, près de l'Ile-Adam, sur un gros chêne isolé, de 16 mètres de haut et de 1^{m}.3 de diamètre à sa base.

Le tronc était entièrement dépouillé de son écorce.

On trouva cette écorce dispersée par petits fragments tout autour de l'arbre, à la distance de trente à quarante pas.

Le tronc, jusqu'à deux mètres de terre, était fendu longitudinalement en morceaux presque aussi minces que des lattes.

Les branches tenaient au tronc, mais elles aussi ne conservaient aucune parcelle d'écorce et avaient subi un déchiquetage longitudinal très-remarquable.

Le tronc, les branches, les feuilles et l'écorce n'offraient aucune trace de combustion; seulement ils paraissaient avoir été complétement desséchés.

Dans la même année 1756, le 20 juillet, la foudre tomba sur un gros chêne de la forêt de Rambouillet.

Cette fois, les branches furent totalement séparées du tronc et dispersées tout autour avec une certaine régularité. Elles n'offraient pas de déchiqueture; leur écorce paraissait presque entière.

Le tronc lui-même n'avait pas été pelé, mais, comme le chêne de l'Ile-Adam, il était devenu une réunion de lattes; seulement elles se prolongeaient sous cette forme jusqu'à terre, au lieu de s'arrêter à quelque hauteur.

Je ne puis résister au désir de citer un troisième cas dont le professeur Muncke a donné la relation dans les Annales allemandes de Poggendorf.

Le diamètre du chêne observé par le physicien allemand était d'un mètre à fleur de terre. Le tronc tout entier de ce grand arbre disparut. Pour parler plus exactement, la foudre l'avait partagé en filaments de plusieurs mètres de long et de 3 à 4 millimètres d'épaisseur, semblables à ceux que l'action d'une gouge en aurait détachés. Trois branches de 5 à 6 décimètres de diamètre étaient tombées verticalement, coupées net comme par un seul coup de hache. Elles conservaient leurs feuilles et leur écorce. On ne voyait nulle part des traces d'inflammation ou de carbonisation.

L'absence totale de carbonisation, la division d'un tronc d'arbre en filaments si nombreux, si déliés, la dispersion de ces filaments dans mille directions différentes, tout cela, je le répète, semble la conséquence nécessaire de l'action d'une force élastique qui se serait développée entre les fibres du bois. A l'aide d'un coup de foudre, transformez subitement en vapeur l'eau hygrométrique contenue dans les vieux chevrons d'un comble, ou la sève qui emplit les tubes capillaires longitudinaux du bois vert, et vous aurez de tout point les phénomènes des chevrons de l'abbaye de Saint-Médard de Soissons, des chênes

de l'Ile-Adam, de la forêt de Compiègne, etc., etc.[1].

La minutieuse discussion à laquelle nous nous sommes livré au sujet des transports de matières pondérables opérés par la foudre, montre que ces curieux phénomènes peuvent être expliqués sans recourir à de prétendus nouveaux principes de physique. Il en résulte aussi qu'on ne saurait déduire de la direction d'un transport effectué par la foudre, le sens du mouvement du météore lui-même, et que les recherches de ceux qui, en s'appuyant sur une semblable base, se sont occupés des foudres ascendantes, n'avaient rien de bien solide. La question est assez importante pour légitimer quelques développements.

Certains physiciens, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, font consister la foudre en une matière subtile qui s'élance avec la plus grande vitesse du corps foudroyant vers le corps foudroyé; d'autres ne veulent y voir qu'une vibration. Quelle que soit celle de ces deux hypothèses qu'on adopte, le sens de la propagation de la foudre, en d'autres termes, le sens de la propagation de la matière

1. La foudre frappe souvent les arbres de mort, alors même que le dégât extérieur apparent semble extrêmement léger. M. Tull, l'auteur de *The philosophy of agriculture*, pense que cet effet est la conséquence de la rupture des petits vaisseaux à travers lesquels la foudre a cheminé. Suivant nous la foudre agit ici mécaniquement comme la gelée, lorsqu'elle déchire les tubes capillaires dont se composent les tiges succulentes de certaines plantes. Seulement, comme les sucs aqueux se dilatent beaucoup plus en passant de l'état liquide à l'état de vapeur qu'en se congelant, le météore doit produire des déchirures plus nombreuses et dès lors plus fatales. En se plaçant au même point de vue, les physiologistes arriveront peut-être à reconnaître enfin le mode particulier d'action par lequel la foudre donne le plus ordinairement la mort.

subtile ou de la vibration, a semblé jusqu'ici devoir coïncider avec celui des effets mécaniques engendrés par la matière ou par l'impulsion du fluide. La foudre qui lancera un corps de haut en bas devra, disait-on naturellement, s'appeler foudre descendante; le nom de foudre ascendante, au contraire, appartiendra à celle qui projettera de bas en haut les matières placées sur son chemin. Viendront ensuite, s'il y a lieu, les foudres obliques et latérales diversement orientées. Les faits à l'appui de ces distinctions ne manquent pas; citons-en quelques-uns.

Le 24 février 1774, la foudre frappa le clocher du village de Rouvroi, au nord-ouest d'Arras. Un de ses effets fut le soulèvement du pavé, composé de grandes pierres bleues, qui existait sous un porche correspondant verticalement à la flèche du clocher.

Dans l'été de 1787, la foudre tomba sur deux personnes qui s'étaient réfugiées sous un arbre, près du village de Tacon, dans le Beaujolais. Leurs cheveux furent lancés sur le haut de l'arbre. Un cercle de fer qui liait le sabot d'un de ces malheureux se trouva aussi, après l'événement, accroché à une branche très-élevée.

Le 29 août 1808, le tonnerre tomba sur un pavillon en forme de rotonde et couvert de chaume, dépendant d'un cabaret situé derrière l'hôpital de la Salpêtrière, à Paris. Un ouvrier, qui était assis sous ce pavillon, fut tué. On trouva les morceaux de son chapeau incrustés au plafond.

Regardez tous ces phénomènes de soulèvement comme des effets directs de la foudre, et il semblera difficile de

ne pas admettre, avec les physiciens qui les ont discutés, qu'elle fut ascendante à Rouvroi, à Tacon, à la Salpêtrière; qu'au lieu de descendre des nuages à terre, elle s'élança de la terre vers les nuages. Admettez, au contraire, la possibilité d'effets indirects: prenez la vapeur d'eau comme intermédiaire, et le soulèvement du dallage de Rouvroi, et la projection de bas en haut du cercle en fer de Tacon, et des lambeaux du chapeau de la Salpêtrière, ne pourront plus servir à indiquer le sens du mouvement de la foudre.

Les coups de foudre n'opèrent quelquefois la décortication des arbres que partiellement. Alors il n'est pas rare de trouver de longues lanières d'écorce et d'aubier, complétement détachées par le bas et adhérentes encore au tronc vers le sommet. Les anciennes collections de l'Académie des sciences me fourniraient au besoin plusieurs exemples d'effets de cette nature. J'en trouverais aussi en parcourant le *Journal de Physique*, notamment un Mémoire de M. Mourgues sur des orages observés à Marsillargues, près de Montpellier, en juin 1778; un Mémoire de M. Marchais relatif à des foudres qui frappèrent, à Paris, plusieurs arbres des Champs-Élysées, etc., etc.; mais toutes ces écorces, arrachées de bas en haut, n'auront plus la signification qu'on se plaisait à leur attribuer, dès que la vapeur d'eau sera considérée comme l'agent possible de la décortication.

J'en dirai tout autant d'un autre phénomène signalé avec le même soin par les observateurs. Les feuilles des arbres frappés de la foudre : celles des arbres de la campagne de M. Mourgues, à Marsillargues; les feuilles des

arbres des Champs-Élysées, examinées par M. Marchais, etc., étaient jaunes, crispées, grillées, convexes par-dessous; le vert des faces opposées, des faces supérieures, n'avait subi aucune altération : seulement, de planes ou de légèrement convexes, ces faces étaient devenues concaves, précisément comme le deviennent des feuilles de parchemin, par ceux de leurs côtés qui ne regardent pas le feu. Voilà, s'écriait-on, autant de preuves que le courant enflammé de la foudre s'est mû de bas en haut. Le mouvement de bas en haut semble, en effet, assez bien établi; mais qui oserait, au point où nous en sommes parvenus, affirmer que le courant ascendant n'était pas formé de vapeur d'eau à une haute température et résultant de la vaporisation opérée par l'action d'une foudre descendante sur l'humidité du sol?

On pourrait enfin recourir au même agent (la vapeur d'eau), s'il fallait expliquer comment il arrive qu'au pied des arbres foudroyés le gazon est souvent retourné, et quelquefois déployé des deux côtés de la lacération du sol comme les feuillets d'un livre.

En me livrant à cette discussion minutieuse, je tenais à montrer que les faits d'après lesquels de nombreux physiciens croyaient avoir établi l'existence de foudres ascendantes n'avaient pas le caractère de véritables démonstrations. J'ajouterai, au surplus, que la question me paraît complétement résolue par l'ensemble des circonstances de l'événement dont j'ai fait mention dans le chapitre XXVIII. J'admets donc sans réserve les foudres ascendantes. Je sais que des physiciens du premier ordre n'y croient pas; je sais même qu'ils dédaigneraient d'en-

trer à ce sujet dans aucune discussion; mais les faits doivent l'emporter sur les plus imposantes autorités. Lorsque Maffei, il y a maintenant un siècle, imagina, en s'étayant du phénomène local qu'il avait observé au château de Fosdinovo, de formuler ses idées sur la foudre ascendante, il eut la précaution, plus prudent en cela que ne l'avait été Galilée, de montrer qu'elles pouvaient se concilier avec les passages de l'Écriture sainte où il est question de feux tombés du ciel sur Sodome et sur Gomorrhe (*Genèse*); de foudres qui étaient descendues des nuages (*saint Luc*), etc. Les théories scientifiques les plus célèbres, quoiqu'elles soient pour certaines personnes l'objet d'une sorte de culte religieux, n'exigent pas tant de réserve. Chacun peut aujourd'hui les examiner, les débattre, les critiquer, et ne s'arrêter que là où le terrain de l'observation et de l'expérience commence à se dérober sous ses pas.

Je rapporterai ici, en terminant ce chapitre, une observation recueillie par M. de La Pilaie, et dont l'explication se rattacherait difficilement à l'action de la vapeur d'eau.

La foudre ayant frappé un chêne à Commeraye, près de Lamballe, à la fin de mai 1843, M. de La Pilaie remarqua que le tronc eut son écorce entamée depuis la base jusqu'à la bifurcation des branches supérieures; la foudre y avait fait une entaille, qui allait en se rétrécissant de bas en haut, et le long de laquelle les bords de l'écorce se trouvaient effilés comme de la charpie. Mais, tandis que ces fibrilles ligneuses et les autres lambeaux eussent dû se trouver morcelés de haut en bas, tous

l'étaient au contraire de bas en haut, comme si la foudre fût remontée de la base au sommet : elle avait en outre fait un sillon, ou une rainure peu profonde, sur le bois adulte, qui disparaissait dans la partie supérieure, où l'entaille, fort rétrécie, n'attaquait plus que la superficie de l'écorce.

CHAPITRE XXXVIII.

DES DANGERS QUE FAIT COURIR LA FOUDRE.

CES DANGERS SONT-ILS ASSEZ GRANDS POUR MÉRITER QU'ON S'EN OCCUPE? — ÉDIFICES ET NAVIRES FOUDROYÉS.

§ 1er. — Les dangers que fait courir la foudre sont-ils assez grands pour mériter qu'on s'en occupe?

Le danger d'être frappé de la foudre est-il assez grand pour qu'on doive raisonnablement attacher de l'importance aux moyens d'y échapper? La question a plusieurs faces : elle peut être envisagée, relativement aux simples individus, relativement aux habitations, relativement aux navires.

Dans l'intérieur des grandes villes d'Europe, les hommes paraissent être très-peu exposés. Lichtenberg dit s'être assuré qu'en un demi-siècle cinq hommes seulement furent gravement frappés de la foudre, dans l'enceinte de la ville de Gœttingue. Sur les cinq, trois moururent.

On rapporte qu'à Halle, un seul homme a été foudroyé à mort dans l'intervalle de 1609 à 1825, c'est-à-dire en plus de deux siècles.

A Paris, où l'on tient les tables de l'état civil avec tant de régularité, M. le chef de bureau de la statistique de la préfecture m'assure que, depuis un très-grand

nombre d'années, pas une seule mort n'a été notifiée comme provenant de la foudre. Cependant, durant le même intervalle, il y a eu dans le département de la Seine des personnes foudroyées, ne fût-ce que l'ouvrier dont je parlais tout à l'heure, à l'occasion des coups ascendants (p. 256); ne fût-ce qu'un cultivateur tué au milieu des champs, dans la commune de Champigny, le 26 juin 1807; ne fût-ce qu'un faucheur tué à Romainville, le 3 août 1811, pendant qu'il fuyait l'orage, une fourche en fer à la main. Il faut donc que les morts, causées par le tonnerre, soient déclarées et enregistrées comme des morts provenant d'accidents. De pareilles négligences, de pareilles erreurs ont dû être commises ailleurs. Dès lors, on aurait grand tort de prendre rigoureusement à la lettre ce que Lichtenberg rapporte du nombre de coups de foudre mortels de Gœttingue et de Halle. On ne courrait pas moins de risques de se tromper en généralisant ces résultats; en appliquant à toutes les contrées du globe ce qui n'aurait été observé que dans une seule; en voulant déduire, de ce qui arrive dans un village, ce qu'on doit redouter dans une grande ville. Gœttingue, Halle, Paris, etc., comptent à peine un accident par siècle; eh bien, j'ouvre au hasard quelques volumes, et je trouve :

Dans la nuit du 26 au 27 juillet 1759, le tonnerre tomba sur le théâtre de la ville de Feltre : il tua un grand nombre de spectateurs et blessa plus ou moins tous les autres [1].

1. Le tonnerre occasionne fort souvent des incendies; cette fois-ci l'inverse arriva : il éteignit toutes les lumières.

Le 18 février 1770, un seul coup de foudre jeta à terre, sans connaissance, tous les habitants de Keverne (Cornouailles), qui se trouvaient réunis dans l'église pour le service du dimanche.

En 1808, la foudre tomba deux fois de suite sur l'auberge du bourg de Capelle, en Brisgaw, y tua quatre personnes et en blessa un grand nombre d'autres.

Le 20 mars 1784, le tonnerre pénétra dans la salle de spectacle de Mantoue. Sur les quatre cents personnes qui se trouvaient réunies, il en tua deux et en blessa dix[1].

Le 11 juillet 1819, la foudre tomba, pendant le service divin, sur l'église de Châteauneuf-les-Moutiers, arrondissement de Digne, département des Basses-Alpes; elle y tua raide neuf personnes et en blessa plus ou moins quatre-vingt-deux. Du même coup elle tua, au milieu d'une écurie à côté de l'église, cinq moutons et une jument.

Malgré ces citations, personne ne me démentira si j'affirme que, pour chacun des habitants de Paris, le danger d'y être foudroyé est moindre que celui de périr dans la rue par la chute d'un ouvrier couvreur, d'une cheminée ou d'un vase à fleurs. Il n'est personne, je crois, qui, en sortant le matin, se préoccupe beaucoup de l'idée que, dans la journée, un couvreur, une cheminée ou un vase à fleurs lui tombera sur la tête. Si la peur raisonnait, on ne s'inquiéterait pas davantage pendant un orage de vingt-quatre heures. Il faut dire, toutefois, à la dé-

1. Le tonnerre, en outre, fondit des boucles d'oreilles, des clés de montre; il *cliva* des diamants, et cela, sans blesser en aucune manière les personnes qui portaient ces divers objets.

charge de notre intelligence, que les vives et subites clartés qui annoncent la foudre, que ses retentissantes détonations produisent des effets nerveux involontaires auxquels les plus fortes organisations n'échappent pas toujours. Je dois ajouter que, si les coups véritablement foudroyants sont très-rares, le nombre total de coups de toute espèce qu'on entend dans l'année est, au contraire, fort grand; que rien ne distingue les coups inoffensifs des autres, et que le danger, quelque insignifiant qu'il soit en réalité, doit sembler s'accroître par le nombre considérable de ses renouvellements apparents. Cette considération sera certainement plus claire si, revenant à notre terme de comparaison, je suppose qu'au moment où l'ouvrier, où la cheminée, où le vase vont tomber d'un toit ou d'une fenêtre, une très-forte détonation annonce l'événement dans toute l'étendue de la capitale; chacun pourra croire alors, plusieurs fois par jour, qu'il se trouve précisément dans la rue où l'accident doit arriver, et sa crainte, sans être pour cela plus fondée, deviendra concevable.

Je viens de parler des accidents qui arrivent dans l'enceinte des grandes villes. S'il faut s'en rapporter à une croyance assez générale, on est beaucoup plus exposé dans les villages et en rase campagne. Des considérations théoriques, dont le cadre que je me suis tracé m'interdit l'usage pour le moment, tendraient à confirmer cette opinion. Les faits, je ne saurais les invoquer : ils n'ont pas été assez complétement recueillis. Ajoutons qu'on n'a point tenu un compte exact des différences qu'il y a, sous le rapport de la fréquence et de l'intensité de la foudre,

entre tel et tel pays, et même entre tel et tel espace circonscrit.

Personne, dans la république de la Nouvelle-Grenade, n'habite volontiers El Sitio de Tumba Barreto, près de la mine d'or de la Vega de Supia, à cause de la fréquence des coups foudroyants. Le peuple a conservé le souvenir des nombreux mineurs que le tonnerre y a tués. Pendant que M. Boussingault traversait El Sition en temps d'orage, un coup de foudre jeta à terre le nègre qui lui servait de guide. La Loma de Pitago, dans les environs de Popayan, a la même célébrité. Un jeune botaniste suédois, M. Plancheman, s'obstina, malgré l'avis des habitants, à traverser la Loma pendant que le ciel était couvert de nuages orageux, et y fut tué. Enfin, en ne considérant que de grands pays, ici des années entières se passent, quelquefois, sans que vous entendiez parler d'événements funestes occasionnés par le météore, et là, au contraire, dans certaines saisons, il en arrive presque chaque jour. Par exemple, je trouve que dans l'été de 1797, depuis le mois de juin jusqu'au 28 août, Volney comptait dans les gazettes des États-Unis, quatre-vingt-quatre accidents graves et dix-sept morts, tandis qu'en France, les journaux de 1805, si je suis bien informé, n'annoncèren tpas de coups de tonnerre suivis de la mort d'un seul homme; tandis qu'en 1806, ils ne parlèrent que de la mort de deux enfants, qui furent foudroyés sur les genoux de leur mère, à Aubagne (département des Bouches-du-Rhône); tandis qu'en 1807, ces mêmes journaux ne citèrent que deux jeunes agriculteurs de la commune de Saint-Geniez foudroyés pendant qu'ils ramassaient leur récolte; tandis

qu'en 1808, ils ne firent mention que d'un batelier tué sur les bords de l'eau, à Angers. Au reste, même en France, les années sont loin de se ressembler sous le rapport des coups de foudre mortels. En 1819, les victimes du météore sont : le 28 juin, trois chevaux près de Vitry-le-Français; le 11 juillet, comme je l'ai déjà dit, neuf personnes dans l'église de Châteauneuf; le 26 juillet, un homme tué en rase campagne à Maxey-sur-Vaize (Meurthe); le 27 juillet, un cultivateur, sa femme et son fils, qui s'étaient réfugiés sous le portail d'une chapelle, près de Châtillon-sur-Seine; le 1er août, quarante-quatre moutons près de Beaumont-le-Roger (Eure); le 2 août, un ouvrier réfugié sous un arbre, à Bordeaux; le même 2 août, un cultivateur de Vigneux (près de Savenay), tué dans sa chambre; à la même date du 2 août, deux demoiselles de dix à douze ans, dans la maison de M. l'abbé Coyrier, dans le département du Cantal; enfin, le 27 septembre, à cinq heures du matin, une servante qui était dans son lit, à Confolens (Charente).

J'ai, du reste, donné dans un chapitre spécial une sorte de statistique des coups de tonnerre foudroyants que j'ai pu constater dans quelques années, et qui démontrent que si le nombre des victimes de la foudre est assez restreint pour qu'on puisse regarder comme faible la chance de périr par le tonnerre, cependant il y a assez d'exemples de morts dues à cette cause pour qu'on ne doive pas négliger de se mettre à l'abri de pareils accidents par les moyens que la science a indiqués.

§ 2. — Destruction des édifices et des navires.

Si peu de personnes périssent par le tonnerre dans l'enceinte de nos villes, le nombre des maisons et des édifices frappés et gravement endommagés est, au contraire, considérable.

Pendant la seule nuit du 14 au 15 avril 1718, la foudre tomba sur vingt-quatre clochers, dans l'espace compris, le long de la côte de Bretagne, entre Landerneau et Saint-Pol-de-Léon.

Pendant la nuit du 25 au 26 avril 1760, la foudre tomba trois fois, dans le court intervalle de vingt minutes, sur l'église et sur les bâtiments de l'abbaye de Notre-Dame de Ham.

Dans la seule matinée du 17 septembre 1772, la foudre atteignit, à Padoue, quatre édifices différents.

Un mémoire de Henley, qui porte la date de décembre 1773, m'apprend que le même jour, je me trompe, à peu près au même instant, la foudre frappa à Londres : le clocher de Saint-Michel, l'Obélisque dans Saint-George's-Fields, le nouveau Bridewell, une maison de Lambeth, une maison près du Wauxhall, et un grand nombre d'autres endroits fort distincts les uns des autres, sans compter un navire hollandais à l'ancre dans la Tamise, près de la Tour.

Un savant allemand trouvait, en 1783, que, dans l'espace de 33 ans, la foudre était tombée sur 386 clochers et y avait tué 121 sonneurs[1]. Le nombre des blessés était bien plus considérable encore.

1. Ces chiffres n'étonneront personne si je dis que le 11 juin 1755, le tonnerre étant tombé sur le clocher du village d'Aubigny, y tua

En décembre 1806, pendant un seul orage, la foudre détruisit, en totalité ou en partie, les clochers de Saint-Martin, de Vitré, d'Erbré, de Croisilles, d'Étrelles.

Le 11 juillet 1807, l'église de Saint-Martin de Vitré fut frappée de nouveau. Cinq jours auparavant, la foudre était tombée à la Guerche, et autour de cette ville, dans l'espace d'une lieue de rayon, sur dix églises ou autres édifices.

A Paris, dans la nuit du 7 au 8 août 1807, la foudre tomba sur l'enseigne d'une boutique rue de Thionville, sur une maison près de la Halle, sur un reverbère de la rue de Perpignan, dans la rue aux Fèves, à Vaugirard et à Passy.

Le 14 mai 1806, nous la trouvons endommageant, rue Caumartin, la boutique d'un menuisier; le 26 juin 1807, elle ravage neuf pièces d'une maison d'Aubervilliers; le 29 août 1808, elle tombe sur une guinguette voisine de la barrière des Gobelins, y tue ou y blesse plusieurs personnes; près de la barrière Montmartre, elle frappe un cabaret rempli de monde, où plusieurs individus sont renversés sans connaissance; le 14 février 1809, elle met en pièces un moulin à vent situé sur la route de Saint-Denis; le 29 juin 1810, elle brise et lance au loin tout ce qui se trouve sur son passage, dans une maison de la rue Popelinière; le 3 août 1811, elle tombe sur une maison, barrière de Pantin, et y blesse plusieurs personnes.

Le 11 janvier 1815, pendant un orage qui embrassait l'espace compris entre la mer du Nord et les provinces

du même coup trois hommes qui sonnaient les cloches et quatre enfants réfugiés sous la tour de ce même clocher.

rhénanes, la foudre tomba sur douze clochers dispersés dans cette grande étendue de pays, en incendia plusieurs et endommagea considérablement les autres.

Je puis, j'imagine, quitter ces recensements sans dire que je les crois fort incomplets : tout le monde, en effet, aura compris qu'ils ne peuvent servir qu'à titre de limite en moins.

Le besoin de garantir les édifices de la foudre doit se mesurer sur le nombre de ceux qui sont frappés annuellement, et aussi sur l'étendue et la gravité des dégâts que le météore traîne à sa suite. Trois ou quatre citations feront apprécier l'importance de cette dernière considération.

En 1417, la foudre mit le feu à la pyramide en charpente qui terminait le clocher de Saint-Marc, à Venise : l'incendie consuma tout. La pyramide fut reconstruite, mais le tonnerre la réduisit de nouveau en cendres le 12 août 1489.

Le 20 mai 1711, un seul coup de foudre fit non-seulement de très-grands dégâts à l'intérieur et à l'extérieur de la tour principale de la ville de Berne, mais il dévasta encore neuf maisons des environs.

La pyramide de Saint-Marc (cette fois elle était en pierre) reçut un violent coup de foudre le 23 avril 1745. Les réparations des dégâts coûtèrent plus de 8,000 ducats (63,000 fr.)

En 1759, le 27 juillet, la foudre brûla toute la charpente du toit de la cathédrale de Strasbourg.

Au mois d'octobre suivant, le météore frappa la partie supérieure de la magnifique tour de la même ville, et coupa si complétement un des piliers qui soutenaient la

lanterne, qu'il fut question un moment de la démolir. La réparation des dommages coûta plus de 300,000 francs.

Les trois coups de foudre qui, dans la nuit du 25 au 26 avril 1760, atteignirent l'église de Notre-Dame de Ham, amenèrent l'incendie et la ruine complète de ce grand et bel édifice.

En parlant de dégâts, je ne dois pas oublier ceux que la foudre occasionne quelquefois quand elle frappe un magasin à poudre.

Le 18 août 1769 au matin, la foudre tomba sur la tour de Saint-Nazaire, à Brescia. Cette tour reposait sur un magasin souterrain qui contenait 1,030,000 kilogr. de poudre appartenant à la république de Venise. Cette immense masse de poudre prit feu en même temps. La sixième partie des édifices de la grande et belle ville de Brescia fut renversée; le reste était fort ébranlé et menaçait ruine. Trois mille personnes périrent. La tour de Saint-Nazaire, lancée tout entière dans les airs, retomba comme une pluie de pierres. On en trouva des débris à d'énormes distances. Le dégât matériel s'éleva à 16 millions de francs.

Le 18 août, la foudre mit le feu aux poudres qui se trouvaient alors dans le magasin de Malaga. L'édifice fut renversé. La ville tout entière aurait certainement eu le même sort, si quelque temps auparavant elle n'avait obtenu que la plus grande partie des poudres fût transportée dans des magasins éloignés.

Le 4 mai 1785, un coup de foudre mit le feu au magasin à poudre de Tanger. Le magasin et la plupart des maisons environnantes furent renversés.

Le 26 juin 1807, la foudre fit sauter, à onze heures et demie du matin, un magasin à poudre de Luxembourg, très-solide, bâti jadis sur le roc par les Espagnols, et qui contenait près de 13,000 kilogrammes de poudre. Il périt une trentaine de personnes. Plus de deux cents furent mutilées ou grièvement blessées. La ville basse (le Gründ) était un monceau de ruines. On trouva à près d'une lieue de distance de très-grosses pierres du magasin, que l'explosion y avait apportées.

Le 9 septembre 1808, la foudre tomba sur un magasin de munitions du fort Saint-Andrea-del-Lido, à Venise, et le fit sauter. L'explosion détruisit complétement une caserne, une chapelle adjacente, un mur de la demi-lune, et endommagea beaucoup la caserne où logeaient les canonniers.

J'ai multiplié les citations relatives à des explosions de magasins à poudre, parce que, de généralisation en généralisation, on a été jusqu'à prétendre que la foudre, quand elle pénètre dans ces bâtiments, ne met jamais le feu aux munitions qu'ils renferment. Après avoir montré combien une pareille opinion est peu soutenable, j'avouerai que, dans certains cas, le météore a offert des bizarreries qui sembleraient légitimer les plus étranges hypothèses.

Ainsi, le 5 novembre 1755, la foudre tomba, près de Rouen, sur le magasin à poudre de Maromme, fendit une des poutres du toit, réduisit en petites parcelles deux tonneaux qui étaient remplis de poudre, sans produire aucune inflammation (le magasin renfermait alors huit cents de ces tonneaux).

En 1775, le 11 juin, à la pointe du jour, la foudre

éclata sur la tour de Saint-Second, à Venise, entra dans le magasin, enleva les tablettes, renversa les caisses de poudre, et, ce qui parut alors miraculeux, ne mit le feu nulle part.

Après la liste de bâtiments foudroyés que j'ai donnée pages 201, 202 et 203, on pourra trouver superflu que j'insiste sur l'utilité qu'il y aurait à venir en aide aux navigateurs contre les atteintes du météore; cette liste, cependant, composée dans un certain but, ne renferme qu'une petite partie des noms de navires qui y figureraient, s'il m'avait été permis de faire abstraction de la date et de la position géographique. Ainsi, dans le cercle très-restreint de mes observations, aux quarante-deux citations des pages 201-203, je pourrais ajouter :

Le (*nom* inconnu), navire marchand anglais, foudroyé en 1675, près des Bermudes.

Le (*idem*), navire marchand, foudroyé à Bencoolen, en 1741.

Le (*idem*), navire hollandais, complétement incendié par la foudre en 1746, dans la rade de Batavia. Quand le feu atteignit les poudres, le bâtiment sauta.

Le (*idem*), navire hollandais, foudroyé et fort endommagé en 1750, près de Malacca.

L'Harriot, paquebot anglais, en allant à New-York, en 1762. Les trois mâts furent entièrement brisés.

La Modeste, frégate française, complétement consumée, en 1766, par l'incendie qu'y développa un coup de foudre.

Le bâtiment du capitaine Cook et un navire hollandais, foudroyés dans la rade de Batavia.

Le Zéphyr, frégate française, foudroyée au Port-au-Prince (Saint-Domingue), le 23 septembre 1772. Le grand mât de hune brisé.

Le Meilleur Ami, navire de Bordeaux, foudroyé au Port-au-Prince, le 25 mai 1785. Le mât de misaine, le mât de hune et le mât de perroquet furent réduits en mille morceaux.

Le Prévost de Langristin, navire de la Rochelle, foudroyé au Port-au-Prince, le 29 juillet 1785. Il fallut remplacer le grand mât de hune et le grand mât de perroquet.

La (nom inconnu), goëlette française, eut le même jour (29 juillet 1785), et dans la même rade du Port-au-Prince, son grand mât brisé par la foudre.

Le Duke, vaisseau de ligne anglais de 90, foudroyé en 1793, sur la côte de la Martinique. Un des mâts fut entièrement fendu.

Le Gibraltar, vaisseau de ligne anglais, foudroyé en 1801 et fort endommagé, précisément au-dessus de la soute aux poudres.

Le Perseus, bâtiment anglais, foudroyé au Port-Jackson, en octobre 1802. La décharge faillit entraîner la perte du navire.

La Désirée, frégate anglaise, foudroyée à la Jamaïque, en 1803. On trouva les éclats d'un de ses mâts à terre.

Le Thésée, vaisseau anglais, foudroyé près de Saint-Domingue, en 1804.

La Mignonne, corvette anglaise, dans le mois de juin 1804, à la Jamaïque. Trois matelots furent tués, neuf blessés; le mât principal fut très-endommagé.

La Désirée, près de la Jamaïque, le 20 août 1804; plusieurs parties de la frégate furent incendiées par la foudre.

La Gloire, vaisseau de ligne de l'escadre de l'amiral Calder, près du cap Finistère. Ses trois mâts furent mis presque hors de service.

Le Repulse, vaisseau anglais, dans la baie de Rosas, en 1809.

Le Dédale, frégate anglaise, à la Jamaïque, en 1809. Une partie de l'équipage fut jetée à terre sans connaissance. La foudre mit le feu à la très-petite quantité de poudre qui se trouvait alors dans un des magasins.

L'Hébé, frégate anglaise, à la Jamaïque, en 1809. Elle perd un de ses mâts.

Le (nom inconnu), schooner anglais, à la Jamaïque, en 1809. Ce bâtiment fut coulé bas par le même coup de foudre qui endommagea *le Dédale* et *l'Hébé*.

Le Glory, vaisseau de ligne anglais. Il eut tous ses mâts fendus, en 1811, près du cap Finistère.

Le Norge, vaisseau de guerre anglais et un bâtiment marchand, en uin 1814, à la Jamaïque. Le *Norge* fut démâté.

La Palma, frégate anglaise, qui perdit un de ses mâts, en 1814, dans le port de Carthagène des Indes.

La Méduse, brick anglais, dans son voyage de la Guayra à Liverpool.

L'Amphion, navire américain, considérablement endommagé le 21 septembre 1822, dans son passage de New-York à Rio-Janeiro. Toutes les boussoles furent détruites.

Le Jessie, de Londres, si complétement endommagé vers le milieu de novembre 1833, que l'équipage l'abandonna par 45° de latitude N. et 16° de longitude O.

Le Carron, bateau à vapeur anglais, foudroyé en 1834, pendant sa traversée de Grèce à Malte.

En parcourant ces catalogues avec attention, on remarquera (ce rapprochement me semble de nature à frapper les esprits) qu'en quinze mois des années 1829 et 1830, il y a eu dans la Méditerranée cinq bâtiments de la marine royale anglaise foudroyés, savoir : *le Mosquito*, de 10 canons; *le Madagascar*, de 50; *l'Océan*, *le Melville* et *le Gloucester*, vaisseaux de ligne. Tous ces navires souffrirent considérablement dans leur mâture. J'ajouterai, pour les personnes qui prétendent que les dommages provenant du tonnerre ont très-peu d'importance sous le rapport pécuniaire, que le grand bas mât d'une frégate coûte 5,000 francs, et le grand bas mât d'un vaisseau jusqu'à 10,000 francs.

A tant d'exemples authentiques des effets de la foudre, je pourrais ajouter que le vaisseau anglais *la Résistance*, de 44, et *le Loup-Cervier*, disparurent complétement après quelques coups de tonnerre, dans un convoi dont ils faisaient partie; que le vaisseau *le York*, de 64, dont on n'a jamais eu de nouvelles depuis son entrée dans la Méditerranée, a probablement sauté ou a été coulé bas par le météore; que les cas d'incendie indiqués dans la liste

précédente ne sont pas les seuls qu'on pourrait rapporter; que, par exemple, *le Logan*, de New-York, déjà cité, de 420 tonneaux et d'une valeur de 500,000 fr., fut entièrement consumé; que *l'Annibal*, de Boston, éprouva le même sort en 1824; que les équipages n'ont pas moins à souffrir que les mâts, les manœuvres et le corps des navires; qu'il y eut deux hommes tués et vingt-deux blessés par le coup de foudre qui, en 1799, frappa *le Cambrian*, à Plymouth; que dans une semblable circonstance, en 1808, *le Sultan*, à Mahon, perdit cinq hommes tués sur place, deux jetés à la mer et noyés, et de plus trois fortement brûlés; que neuf matelots périrent à bord du *Repulse*, par le coup qui atteignit le vaisseau dans la baie de Rosas (en 1809); qu'il y eut trois matelots tués et cinq blessés à bord de la frégate autrichienne *le Leipzig*, quand elle fut foudroyée, en 1833, dans le canal de Céphalonie, etc., etc.

Mais ce que j'ai déjà rapporté doit suffire. Les faits ont été cités sans exagération et sans réticence. Chacun peut apprécier, dans une juste mesure, l'importance des divers moyens qu'on a imaginés pour se garantir de la foudre. Il est donc temps de les soumettre à un examen sérieux.

CHAPITRE XXXIX.

DES MOYENS DE SE GARANTIR DE LA FOUDRE.

On me pardonnera, j'espère, de rappeler ici brièvement certains prétendus moyens de préservation qui, examinés du point de vue où le progrès des sciences nous

a placés, peuvent paraître absurdes. En tout cas, je dirais que l'étude des aberrations de l'esprit humain ne doit pas être séparée de celle des véritables découvertes, sans compter que les plus grosses erreurs conservent peut-être encore de nombreux partisans.

§ 1er. — Des moyens que les hommes ont cru propres à les mettre personnellement à l'abri de la foudre.

La littérature grecque nous a complétement initiés aux idées des anciens philosophes touchant la cause du tonnerre; mais on n'y trouve que des indications très-sommaires et très-imparfaites sur deux ou trois moyens préservatifs.

Hérodote, livre IV, chap. 94, rapporte que « les Thraces sont dans l'habitude, quand il fait des éclairs ou qu'il tonne, de tirer des flèches contre le ciel, pour le menacer. »

Pour le menacer, dit l'auteur grec, qu'on le remarque bien! Il n'est nullement question, dans le passage, d'un pouvoir qu'aurait eu la flèche, en tant que métallique et en tant que pointue, d'enlever aux nuages quelques parcelles de matière fulminante. Aussi, Dutens lui-même, cet admirateur fanatique de l'antiquité, a-t-il reculé devant l'idée d'assimiler les flèches des Thraces aux paratonnerres modernes, et de faire remonter l'invention de l'appareil de Franklin jusqu'au temps d'Hérodote.

Pline rapporte que les Étrusques savaient faire descendre la foudre du ciel; qu'ils la dirigeaient à leur gré, et que, entre autres, ils la firent tomber sur un monstre nommé Volta qui ravageait les environs de Volsinies;

que Numa avait le même secret; que Tullus Hostilius, peu exact dans l'accomplissement des cérémonies empruntées à son prédécesseur, se fit foudroyer lui-même. Quant au moyen d'évoquer ainsi le météore, Pline parle seulement de sacrifices, de prières, etc. Nous pouvons donc passer à un autre objet[1].

Les anciens (Pline, livre II, § 56) croyaient que la foudre ne pénètre jamais en terre au delà de 2 mètres. Aussi, la plupart des cavernes leur semblaient-elles des asiles complétement sûrs; aussi, dès qu'il était possible de prévoir un orage, Auguste, dit Suétone, se retirait-il dans un lieu bas et voûté.

Les tubes vitreux, produits de la foudre, dont il a été si longuement question (chap. XXI), et qui descendent quelquefois dans le sol jusqu'à 10 mètres de la surface, montrent combien les anciens se trompaient. Personne ne sait, personne ne pourrait dire, même aujourd'hui, à quelle profondeur on serait à l'abri des foudres descendantes, et, à plus forte raison, des foudres ascendantes.

Afin d'ajouter à la garantie qui résulte de l'épaisseur de maçonnerie, de pierre ou de terre dont un souterrain ou une caverne naturelle sont recouverts, les empereurs du Japon, s'il faut en croire Kæmpfer, font établir un réservoir d'eau au-dessus de la grotte où ils se réfugient

1. Est-il vrai qu'il ait existé une médaille romaine portant pour légende Jupiter Elicius, et représentant ce dieu planant sur un nuage, tandis qu'un Étrusque lance dans les airs un cerf-volant?

Duchoul a fait graver une médaille d'Auguste où l'on voit un temple de Junon, déesse de l'air, dont le faîte est armé de plusieurs tiges pointues! — Cette médaille est-elle authentique?

(LABOISSIÈRE, *Acad. du Gard.*)

pendant les orages. L'eau est destinée à éteindre le feu de la foudre.

Dans certaines conditions que nous développerons tout à l'heure, une nappe d'eau devient un préservatif à peu près certain pour tout ce qui est dessous ; il n'en faut pas conclure, cependant, que les poissons ne puissent être foudroyés au sein des masses liquides les plus étendues.

Weichard Valvasor nous apprend (*Philosophical Transactions*, tome XVI), que la foudre étant tombée, vers l'année 1670, sur le lac de Zirknitz, dans le compartiment nommé Leuische, on vit presque aussitôt flotter à la surface de l'eau une telle quantité de poissons que les habitants du voisinage en remplirent vingt-huit tombereaux.

Le 14 septembre 1772, la foudre tomba à Besançon, dans le Doubs. Aussitôt après, la surface de l'eau fut couverte de poissons étourdis qui flottaient au gré du courant.

Dans l'antiquité, on croyait généralement que les personnes au lit et couchées n'avaient rien à redouter de la foudre. Cette opinion, quelque extraordinaire qu'elle soit, paraît avoir conservé des partisans. Je vois, par exemple, que M. Howard enregistre ces deux faits-ci avec une prédilection particulière :

Le 3 juillet 1828, la foudre tomba sur un cottage à Birdham, près de Chichester. Elle réduisit un bois de lit en éclats, roula par terre les draps, les matelas et la personne qui reposait dans ce lit, sans lui faire aucun mal.

Le 9 du même mois, la foudre enleva à Great-Hougton, près de Duncaster, la couverture du lit où madame Brook

était couchée, et cette dame n'eut d'autre mal que la peur.

A ces faits, j'en opposerai d'autres non moins authentiques.

Le LXIIIe volume des *Philosophical Transactions* renferme un mémoire dans lequel le révérend Samuel Kirkshaw rend compte de toutes les circonstances du coup de foudre qui surprit M. Thomas Hearthley, endormi dans son lit, à Harrowgate, le 29 septembre 1772, et le tua raide. Madame Hearthley, couchée à côté de son mari, ne fut pas même éveillée. Pour elle, tout se réduisit à une douleur dans le bras droit qui dura seulement quelques jours.

Le 27 septembre 1819, à cinq heures du matin, la foudre tomba à Confolens (Charente), sur une maison où elle tua la servante couchée dans son lit. Le corps était sillonné depuis le cou jusqu'à la jambe droite.

L'idée qu'un matelas offrait une garantie suffisante contre les coups de foudre, a été fort répandue. De là, l'abri que certaines personnes allaient chercher en temps d'orage sous les matelas de leurs lits; mais le coup de foudre qui frappa, le 5 septembre 1838, la caserne Saint-Maurice à Lille, montra qu'on aurait tort d'accorder trop de confiance à un pareil préservatif. M. le docteur Poggiale reconnut, en effet, que la foudre avait percé de part en part les matelas de deux lits sur lesquels deux soldats étaient alors couchés.

Chez les Romains, les peaux de veau marin étaient considérées, comme un préservatif efficace contre la foudre. Par cette raison, on en faisait des tentes sous lesquelles

les personnes timides allaient s'abriter en temps d'orage. Suétone rapporte que l'empereur Auguste, qui craignait le tonnerre, portait toujours une de ces peaux.

Dans les Cévennes où, pendant si longtemps, il exista des colonies romaines, les bergers recueillent avec soin les dépouilles des serpents; ils en entourent, encore de nos jours, la forme de leurs chapeaux, et dès lors ils se croient à l'abri des atteintes de la foudre (Laboissière, Acad. du Gard). Ces peaux de serpents, suivant toute apparence, remplissaient jadis, dans l'esprit du peuple, le même office que les peaux plus rares et plus chères des veaux marins.

Il est assurément très-permis de critiquer le choix qu'avait fait Auguste des peaux de veaux marins, puisque aujourd'hui même nous ne saurions comment le justifier ni par le fait, ni théoriquement. Quant à l'idée qu'il peut ne pas être indifférent de choisir certains vêtements en temps d'orage, elle n'a rien de contraire aux connaissances des modernes sur la matière de la foudre. Nous pourrions même citer des cas nombreux où des personnes paraissent avoir été, les unes préservées, les autres foudroyées, suivant qu'elles portaient telles ou telles étoffes.

Rubruquis, dans la *Relation du Voyage en Tartarie*, entrepris par ordre de Louis IX, dit que les habitants de ce pays ont une peur extrême du tonnerre. Le missionnaire assure que, dès qu'ils entendent le météore, les Tartares expulsent de chez eux tous les étrangers, s'enveloppent dans des feutres ou draps noirs, et restent ainsi immobiles tant que le tonnerre gronde.

Le jour de la catastrophe de Château-Neuf-lès-Moutiers, dont il a déjà été question (p. 262), deux des trois prêtres qui entouraient l'autel tombèrent gravement frappés; le troisième, au contraire, n'éprouva aucun mal : lui seul était revêtu d'ornements en soie[1].

Voici des faits plus étonnants encore, car ils montrent qu'un animal peut être plus ou moins gravement atteint dans les différentes parties de son corps, suivant la couleur des poils qui les recouvrent.

Au commencement de septembre 1774, la foudre tomba sur un bœuf, à Swanborow (Sussex). Ce bœuf, de couleur rougeâtre, était tacheté de blanc. Après le coup de foudre, on remarqua avec surprise la dénudation des taches blanches : il n'y restait pas un seul poil, tandis que la partie rougeâtre n'avait éprouvé aucune altération apparente. Le propriétaire de l'animal raconta à M. James Lambert que, deux ans auparavant, un autre bœuf tacheté de blanc avait présenté exactement le même phénomène, après un violent coup de tonnerre.

Enfin, le 20 septembre 1775, un cheval pommelé ayant été foudroyé à Glynd, le propriétaire remarqua

1. D'après des expériences indirectes, tous les physiciens ont reconnu que le taffetas ciré, la soie, la laine, sont moins perméables à la matière de la foudre que les toiles de lin, de chanvre ou de toute autre matière végétale. Ils sont un peu moins d'accord sur la question de savoir si, en temps d'orage, les vêtements mouillés sont préférables aux vêtements secs. Nollet redoute les habits mouillés, parce que l'eau leur communique la propriété dont elle jouit elle-même, d'être un des corps sur lesquels la foudre se porte de préférence. Franklin adopte l'opinion contraire, d'après l'idée que les habits mouillés doivent transmettre immédiatement au sol la matière fulminante qui va les frapper.

que, dans toute l'étendue des taches blanches, le poil se détachait en quelque sorte de lui-même, et que, dans le reste du corps, il avait conservé son adhérence ordinaire.

« Quand le ciel était orageux, Tibère ne manquait pas de porter une couronne de laurier, d'après l'idée que la foudre ne touche jamais cette sorte de feuillage. » (Suétone.)

« Les Chinois regardent le mûrier et le pêcher comme de bons préservatifs contre les coups de foudre. » (Édouard Biot.)

L'opinion que certains arbres ne sont jamais frappés de la foudre est encore fort répandue.

M. Hugh Maxwell écrivait, en 1787, à l'Académie américaine que, d'après sa propre expérience et les renseignements qu'il avait recueillis auprès d'un grand nombre de personnes, il se croyait en droit d'affirmer que la foudre frappe souvent l'orme, le châtaignier, le chêne, le pin; qu'elle atteint quelquefois le frêne; que jamais elle ne tombe sur le hêtre, le bouleau, l'érable.

Le capitaine Dibden n'admettait pas des différences aussi tranchées. Dans une lettre à Wilson, en date de 1764, il se contentait de dire que, dans les forêts de la Virginie, qu'il venait de visiter en 1763, les pins, quoique considérablement plus hauts que les chênes, étaient beaucoup moins souvent frappés de la foudre. Je ne me rappelle pas, ajoutait-il, avoir vu des chênes croissant parmi les pins, là où quelques-uns de ces derniers arbres avaient été foudroyés. Voici des faits qui dissiperont bien des doutes.

Les anciens croyaient que jamais la foudre ne tombe sur le laurier! *Jamais* ne serait plus une expression justifiable; car je trouve, dans les Notes de Poinsinet de Sivry, un des traducteurs de Pline, que Sennert, que Vicomercatus, que Philippe-Jacques Sachs, rapportent plusieurs cas de lauriers foudroyés.

Maxwell range le hêtre parmi les arbres que la foudre respecte. Une brochure de M. Héricart de Thury, distribuée à l'Académie des sciences, m'apprend qu'un vieux hêtre, réservé, en 1835, dans une ancienne futaie abattue au milieu de la forêt de Villers-Cotterets, fut foudroyé et à peu près démoli, au mois de juillet de la même année.

Des considérations théoriques avaient porté à croire que les arbres résineux sont à l'abri des coups de foudre. On vient de voir cependant que Maxwell place le pin parmi ceux qui sont frappés le plus souvent. Dans la brochure de M. de Thury, que je viens de citer, je trouve, parmi les arbres foudroyés :

Un pin, à Saint-Martin-de-Thury, le 2 août 1821;

Un sapin, à Saint-Jean-de-Day (Manche), en juin 1836;

Un merisier, à Anthilly, en août 1834;

Un acacia, à Saint-Jean-le-Pauvre-de-Thury, en septembre 1814;

Un orme, à Moiselles, en juin 1823;

Des chênes et des peupliers.

Les hommes sont souvent frappés de la foudre, au milieu des plaines découvertes. Le danger, beaucoup de faits le prouvent, est plus grand encore sous les arbres;

le docteur Winthorp concluait, de cette double remarque, que, pour échapper aux atteintes du météore, lorsqu'on est surpris par l'orage en rase campagne, ce qu'on peut faire de mieux, c'est de se placer à une petite distance de quelque grand arbre : par petite distance, il entendait toutes celles qui sont comprises entre 5 et 12 mètres. Une station plus favorable encore, serait celle qui satisferait aux mêmes conditions de distance, relativement à deux arbres voisins. Franklin approuvait ces préceptes. Henley, qui, lui aussi, les croyait fondés sur la théorie et sur l'expérience, ne les modifiait, dans le cas d'un seul arbre, qu'en recommandant de se placer, relativement à la souche, à une distance de 5 à 6 mètres au delà de la verticale passant par l'extrémité des plus longues branches.

D'après certaines analogies, des physiciens admettent que la foudre respecte toujours le verre. De là à supposer qu'une cage construite en totalité avec du verre serait un lieu de refuge parfaitement sûr, il n'y avait qu'un pas. Aussi des cages de cette matière ont-elles été proposées, et même construites, à l'usage des personnes qui redoutent beaucoup la foudre.

Je suis assurément très-disposé à croire qu'en temps d'orage une enveloppe vitreuse atténue quelque peu le danger dont on est menacé; mais je ne puis admettre qu'elle le fasse totalement disparaître. Voici sur quoi mes doutes se fondent.

Le grand coup de foudre qui atteignit le palais Minuzzi, dans le territoire de Ceneda, le 15 juin 1776, perça ou brisa plus de huit cents carreaux de vitre.

Lorsque M. James Adair fut jeté à terre, en sep-

tembre 1780, par le violent coup de foudre qui tua deux de ses domestiques, dans la maison d'East-Bourne, il était placé derrière une croisée vitrée. La monture de la croisée n'éprouva aucun dommage, mais les carreaux de vitre disparurent complétement : la foudre les avait réduits en poussière.

A la rigueur, on pourrait supposer que la rupture des vitres est la conséquence de l'ébranlement de l'air, un simple effet du bruit, de la détonation. Venons donc à des faits moins douteux.

Le 17 septembre 1772, la foudre qui tomba à Padoue, sur une maison située à Prato della Valle, perça un carreau de vitre de la fenêtre du rez-de-chaussée, d'un trou net et rond pareil à celui qui serait résulté de l'action d'un foret.

L'ingénieur Caselli, d'Alexandrie, remarqua sur les vitres de ses fenêtres, en 1678, immédiatement après un coup de foudre (voyez p. 122), des trous ronds, presque sans fissures adjacentes.

En septembre 1824, la foudre étant tombée à Milton-of-Comage, dans la maison de M. William Bremmer, un des carreaux de vitre de la fenêtre se trouva percé d'un trou circulaire de la grandeur d'une balle de fusil : dans le reste de son étendue, ce carreau n'offrait pas une seule fissure.

Un trou sans fissure, parfaitement circulaire, ne saurait être l'effet de l'ébranlement résultant du bruit. Au besoin, on pourrait le citer aussi comme une preuve de l'extrême rapidité avec laquelle la matière fulminante marche. Le trou de la vitre de M. Bremmer fortifie les

observations isolées de Padoue et d'Alexandrie. Ces observations réunies détromperont tant de personnes qui se figuraient que des panneaux de verre étaient, pour la foudre, des barrières infranchissables.

Mille exemples ont prouvé que la foudre ne tombe jamais sur un homme ou sur une femme, sans attaquer plus particulièrement les parties métalliques de leurs ajustements. On peut donc admettre que ces parties augmentent sensiblement le danger d'être foudroyé. Cette supposition, personne ne la révoquera en doute, s'il s'agit de masses de métal un peu fortes; en tout cas, je dirais que, le 21 juillet 1819, la foudre tomba sur la prison de Biberach (Souabe) et qu'elle alla frapper dans la grande salle, au milieu de vingt détenus, un chef de brigands déjà condamné qui était enchaîné par la ceinture.

La supposition sera plus difficile à justifier quant aux légères parties métalliques qui entrent dans nos vêtements habituels. Ne pourrai-je pas cependant qualifier du nom de preuve, l'observation curieuse faite au Bréven, en 1767, par Saussure et ses compagnons de voyage :

Le temps était orageux. Quand les observateurs élevaient la main et étendaient un doigt, ils sentaient à l'extrémité une sorte de picotement. « M. Jalabert (nous dit le célèbre voyageur), qui avait un galon d'or à son chapeau, entendait (de plus) autour de sa tête un bourdonnement effrayant. On tirait des étincelles du bouton d'or de ce chapeau, de même que de la virole de métal d'un grand bâton que nous avions avec nous [1]. »

1. Je savais depuis longtemps que, d'après divers observateurs, l'atmosphère, quand elle est fortement imprégnée de matière ful-

Donnez à l'orage un tant soit peu plus d'intensité ; et le léger galon d'or, et le petit bouton de métal deviendront, dans des circonstances pareilles à celles du Bréven, des causes d'explosion, et M. Jalabert sera foudroyé plutôt que ses voisins, dont les chapeaux ne sont ornés ni de galons d'or, ni de boutons de métal.

Voici un fait rapporté par Constantini en 1749, et qui va encore plus directement au but :

Le temps étant orageux, une dame étend la main pour fermer sa fenêtre; la foudre part, et le bracelet d'or

minante pendant une averse de neige, devient sonore à un degré étonnant; qu'il suffit d'y agiter les doigts avec quelque vitesse pour engendrer des sons musicaux. Toutefois, en rendant compte dans le chapitre XXX des aigrettes lumineuses des temps d'orage, je n'ai pas eu la hardiesse de mentionner les singulières propriétés acoustiques qu'on disait être la conséquence de la disposition atmosphérique en question. Une note que je viens de trouver dans l'Encyclopédie du docteur Brewster, sans dissiper complétement mes doutes, les a un peu affaiblis; voilà pourquoi je reviens sur ce sujet.

En juillet 1814, dit le célèbre physicien d'Edinburgh, MM. Tupper et Lanfiar, étant arrivés, dans leur descente de l'Etna, à peu de distance de la maison dite *des Anglais*, furent surpris par une forte averse de neige, accompagnée de violents coups de tonnerre. Dans cette position, les deux voyageurs et leur guide entendaient, comme Saussure, Jalabert, etc., un simple bruit sifflant, toutes les fois qu'ils tenaient le bras en l'air en ne laissant qu'un doigt de la main ouvert; mais lorsqu'ils déplaçaient le doigt à travers cette atmosphère neigeuse, dans divers sens et avec rapidité, ils pouvaient, à volonté, engendrer une grande variété de sons musicaux, dont l'intensité était telle qu'on les entendait parfaitement à la distance de 13 mètres.

Je sais très-bien ce qu'on trouvera de difficulté à concevoir comment des décharges partant des flocons de neige, ont pu avoir dans leur espacement la régularité que la production de sons musicaux paraît exiger; mais où en serions-nous si nous nous mettions à nier tout ce qu'on ne sait pas expliquer?

qu'elle portait disparaît si complétement, qu'on n'en retrouve plus aucun vestige. La dame n'avait d'ailleurs reçu que de très-légères blessures.

Sans ces remarques préliminaires, on aurait été étonné de me voir recueillir ici l'explication que le célèbre voyageur Bridone a donnée de l'événement arrivé à une personne de sa connaissance, à madame Douglas.

Cette dame regardait par sa fenêtre pendant un orage. La foudre éclata, et son chapeau (seulement son chapeau) fut réduit en cendres. Suivant M. Bridone, la foudre avait été attirée par le mince fil métallique qui dessinait le contour du chapeau, et sur lequel s'appuyait l'étoffe. Aussi propose-t-il de renoncer à ces bordures de métal ; aussi se prononce-t-il contre la mode si répandue de maintenir et d'orner les cheveux avec des épingles [1] et des tresses en or ou en argent. Dans la crainte bien naturelle que ses conseils ne restassent sans effet, il demandait « que chaque femme portât une petite chaîne ou un fil d'archal qu'elle accrocherait en temps d'orage aux parties métalliques du chapeau, et par lequel la matière fulminante s'écoulerait jusqu'à terre, au lieu de prendre sa course à travers la tête et les membres inférieurs. »

En résumé, il est mieux, quand il tonne, de n'avoir point de métal sur soi ; mais vaut-il la peine de songer à l'accroissement de danger qu'une montre, que des boucles, que des pièces de monnaie, que les fils, que les chaînes ou aiguilles métalliques dont les femmes font

1. Kundman rapporte que la foudre fondit une aiguille de cuivre qui servait à retenir les cheveux d'une jeune fille, et, par parenthèse, sans les brûler.

usage peuvent occasionner? Cette question n'est pas susceptible d'une solution générale, car chacun l'envisagera à travers ses préoccupations et se laissera plus ou moins dominer par la crainte que le météore lui inspire.

§ 2. — Lorsque la foudre tombe sur des hommes ou des animaux placés les uns à la suite des autres, soit en ligne droite, soit le long d'une courbe non fermée, c'est aux deux extrémités de la file que ses effets sont généralement les plus intenses, les plus fâcheux.

Ce théorème, si l'expression m'est permise, semble découler des faits que j'ai recueillis et dont je vais donner l'analyse. On comprendra, j'espère, que je traite ici une simple question de science, et qu'en indiquant la place où l'on est le moins exposé, je n'entends conseiller à personne d'aller s'y réfugier, puisque, en atténuant par-là ses propres risques, l'on augmenterait inévitablement ceux d'autrui.

Le 2 août 1785, la foudre tomba, à Rambouillet, sur une écurie où se trouvaient sur une seule file trente-deux chevaux. Trente furent renversés sur le coup. Un seul était raide mort : il occupait l'une des extrémités de la file; un autre très-grièvement blessé (il mourut) se trouvait à l'extrémité opposée.

Le 22 août 1808, la foudre tomba sur une maison du village de Knonau, en Suisse. Cinq enfants lisaient assis sur un banc, dans une des pièces du rez-de-chaussée. Le premier et le dernier tombèrent raides morts. Les trois autres en furent quittes pour une violente commotion.

A Flavigny (Côte-d'Or), cinq chevaux étaient dans une écurie où la foudre pénétra. Les deux premiers et les

deux derniers périrent. Le cinquième, celui du milieu, n'eut aucun mal [1].

Un de mes amis m'apprend qu'on lui raconta, il y a quelques années, dans une ville de Franche-Comté, et cela peu de jours après l'événement, que la foudre étant tombée en plein champ sur une file de cinq chevaux, tua le premier et le dernier. Les trois autres ne semblaient pas même blessés [2].

Quand elle rencontre une barre métallique, la foudre, tout le monde le sait et le comprend, ne produit guère de dégât notable qu'à l'entrée et à la sortie. On conçoit aisément qu'il en soit de même de toute autre nature de corps; mais que cette règle puisse être étendue au cas où il y a de larges solutions de continuité; que trente-deux chevaux, par exemple, espacés comme ils le sont ordinairement dans une écurie, doivent être considérés, quant aux effets de la foudre, comme une masse unique ayant un commencement et une fin, on l'aurait, je crois, diffici-

1. Je rapporte ce fait à l'appui de la proposition inscrite en tête de ce paragraphe, quoiqu'à l'époque de l'événement on crût à Flavigny avoir expliqué tout ce qu'il offrait d'extraordinaire, par la remarque que le cheval épargné était aveugle et les quatre autres chevaux clairvoyants.

2. En l'an IX, la foudre tomba à Praville, près de Chartres, sur un moulin à vent, y mit le feu et tout fut consumé. Pendant ce temps, le meunier cheminait entre un cheval et un mulet chargés de grains. Les deux animaux, frappés du même coup, restèrent morts sur la place. Le meunier en fut quitte pour un fort étourdissement, pour quelques mèches de cheveux brûlés et pour la perte de son chapeau.

Je n'ai pas donné place à cet événement dans le texte, parce qu'il me semble moins démonstratif que les autres; parce qu'il n'est pas évident de soi-même que la foudre tue avec une égale facilité toutes les espèces d'animaux; parce qu'il me paraît établi, au contraire, d'après un certain ensemble de faits, que les hommes résistent plus

lement deviné. Cependant, à quelle autre assimilation recourir pour rendre compte du curieux phénomène auquel ce paragraphe a été consacré?

§ 3. — Des préceptes à l'usage des personnes qui craignent la foudre.

Franklin a donné des préceptes à l'usage des personnes qui, craignant la foudre, se trouvent en temps d'orage dans des maisons non munies d'un de ces paratonnerres dont nous allons tout à l'heure nous occuper.

Il veut qu'elles évitent le voisinage des cheminées. La foudre, en effet, entre souvent par les cheminées, à cause de la suie qui les tapisse intérieurement et de la propriété que cette suie partage avec les métaux, d'être un des corps sur lesquels le météore se dirige de préférence.

On doit aussi, pour la même raison, s'éloigner autant que possible des métaux, des glaces (à cause de leur tain) et des dorures.

fortement à la foudre que les chevaux et les chiens. Voici quelques-uns de ces faits sur lesquels, au besoin, j'appuierai mon opinion :

Le 12 avril 1781, MM. d'Aussac, de Gautran et de Lavallongue furent frappés de la foudre près de Castres. Les trois chevaux que ces messieurs montaient périrent sur le coup. Un seul des cavaliers, M. d'Aussac, succomba.

En juin 1826, près de Worcester, la foudre tua une jument, sans que l'enfant qui la conduisait éprouvât aucun accident fâcheux.

En juin 1810, M. Cowens était dans un appartement à côté de son chien quand la foudre y pénétra. Le chien fut tué seul; M. Cowens ressentit à peine la commotion.

Le 11 juillet 1819, la foudre, comme nous l'avons déjà rapporté, tua neuf personnes pendant le service divin, à Château-Neuf-lez-Moutiers; mais ce que nous n'avons pas encore dit, c'est qu'elle tua, en même temps, tous les chiens que l'église renfermait. On retrouva ces animaux dans l'attitude qu'ils avaient avant la chute du météore!

Le mieux semble devoir être de se tenir au milieu d'un salon ; mais il faut excepter le cas où l'on aurait un lustre ou une lampe au-dessus de sa tête.

Moins on touche les murs et le sol, et moins on est exposé. Le plus sûr serait donc d'avoir un hamac, suspendu à des cordons de soie, au centre d'une vaste chambre.

A défaut de suspension, il est bon d'interposer entre soi et le sol quelques-uns de ces corps que la matière fulminante traverse le plus difficilement. Ainsi on peut poser sa chaise sur du verre, de la poix, ou sur plusieurs matelas.

Ces précautions doivent atténuer le danger, mais elles ne le font pas disparaître. Il n'est pas sans exemple, en effet, que le verre, la poix et plusieurs épaisseurs de matelas aient été traversés par la foudre. Chacun doit comprendre aussi que si le météore ne trouve pas tout autour de la chambre un métal continu qui le dirige, il pourra s'élancer d'un point sur le point diamétralement opposé et rencontrer dans sa course les personnes situées au milieu, fussent-elles suspendues dans des hamacs.

Des météorologistes, Balitoro entre autres, affirment que la foudre ne frappe jamais la face nord des édifices. Suivant eux, c'est au sud-est surtout qu'on doit la redouter.

Cette opinion est, dit-on, assez répandue en Italie, pour qu'en temps d'orage beaucoup de personnes prennent la précaution d'aller se réfugier dans les pièces de leurs habitations situées au nord. Si le fait est exact, peut-être ne faut-il y voir que la conséquence de la direction suivant laquelle, dans nos climats, le vent souffle à peu près toujours quand le tonnerre gronde.

Des nuages venant du sud et fortement imprégnés de matière fulminante, ne peuvent guère manquer de laisser tomber la foudre, de préférence, sur la première face des édifices au-dessus desquels ils passent. Au surplus, depuis qu'on a constaté que les jets si élevés des aurores boréales se rangent parallèlement à l'aiguille magnétique d'inclinaison, de quel droit nierait-on la possibilité d'une direction commune dans les traits fulminants?

Suivant Nollet, à hauteurs pareilles et toutes autres circonstances égales d'ailleurs, les flèches des clochers couverts d'ardoises sont plus souvent et plus rudement frappées de la foudre que les flèches construites en pierres.

Il ne faudrait pas, je crois, chercher l'origine de cette singularité dans quelque différence spécifique entre la matière de l'ardoise et l'espèce de pâte dont la pierre est formée. Elle paraît plutôt tenir à l'humidité qui imprègne si facilement, pendant la pluie, la charpente couverte de lattes sur laquelle les ardoises reposent, et à la multitude de clous métalliques qui servent à les fixer.

Plus la matière conductrice agglomérée quelque part a de masse ou de volume, et plus deviennent grandes les chances d'être foudroyé dans son voisinage. Ceci une fois admis, puisque l'homme, dans l'état de vie, est un assez bon conducteur de la matière fulminante, doit-on rejeter d'emblée cette opinion de quelques physiciens habiles (de Nollet, par exemple), que le danger d'être frappé de la foudre dans une église augmente avec le nombre de personnes qui s'y trouvent réunies?

Une seconde cause peut aussi contribuer à rendre les nombreuses réunions d'hommes ou d'animaux dange-

reuses en temps d'orage. Leur transpiration ne saurait manquer de donner lieu à une colonne ascendante de vapeur ; or, tout le monde sait que l'air humide transmet la foudre beaucoup mieux que l'air sec. La colonne de vapeur doit donc, de préférence, conduire la foudre vers le lieu même d'où elle émane. Faut-il s'étonner, après cela, que des troupeaux de moutons soient si souvent foudroyés, et qu'un seul coup puisse amener la mort de trente, de quarante et même de cinquante de ces animaux?

En Amérique, c'est une opinion généralement admise que les granges (*barns*) remplies de grains ou de fourrages, sont plus fréquemment frappées de la foudre que les autres espèces de bâtiments.

Ce fait semble aussi devoir être attribué à un courant ascendant d'air humide dont l'origine ne sera pas difficile à trouver, en se rappelant qu'on emmagasine généralement la récolte avant qu'elle soit parvenue à un grand état de sécheresse.

Une seule personne est quelquefois foudroyée au milieu d'un groupe nombreux, sans qu'on entrevoie les causes déterminantes de cette sorte de choix, sans qu'elle ait dans ses vêtements plus de parties métalliques que les personnes voisines, sans que sa position, relativement aux objets environnants, paraisse offrir rien de particulier!

J'ai dit paraisse, car, pour agir activement, une cause n'a pas besoin d'être visible ; car une masse de fer perdue dans l'épaisseur d'une maçonnerie produit tout autant d'effet que si elle était à découvert, etc. Il sera bien rare qu'on puisse affirmer que tout était identique, quant aux

positions, entre la personne frappée et la personne épargnée : celle-ci se sera trouvée plus loin que l'autre, d'une masse de métal, d'un filet d'eau, etc., cachés sous un parquet, derrière une boiserie, au sein de la terre, etc., sans qu'on s'en soit douté.

Il semble difficile d'arriver par cette voie à reconnaître s'il y a des différences spécifiques entre un homme et un autre homme, relativement à la faculté d'être foudroyé. Le doute n'a pu être éclairci qu'à l'aide d'expériences indirectes qui seront analysées dans un autre chapitre. Ici, je dois me contenter d'affirmer que des différences spécifiques existent, et qu'en temps d'orage, dans deux situations toutes pareilles, tel homme, par la nature de sa constitution, court plus de danger que tel autre homme[1].

§ 4. — S'expose-t-on à être foudroyé quand on court pendant des temps orageux ?

On prétend qu'il est dangereux, en temps d'orage, de courir à pied ou à cheval ; on prétend même qu'il ne faut par marcher contre la direction du vent et le sens du

1. Toute réflexion faite, j'essaierai de donner ici en quelques mots une idée générale des expériences auxquelles je viens de faire allusion.

La matière qui jaillit en étincelles du conducteur d'une machine électrique dont on a tourné quelque temps le plateau, est de la matière fulminante. Comme la matière fulminante, elle se transmet presque sans affaiblissement à travers de grandes étendues de métal, d'eau, etc. Elle traverse aussi assez librement une longue file d'hommes qui se donnent la main en formant la chaîne. Cependant il existe des personnes qui arrêtent brusquement la communication et ne ressentent pas la secousse, lors même qu'elles occupent la seconde place de la file. Ces personnes, par exception, ne sont pas conductrices de la matière fulminante. Par exception il faut donc

mouvement des nuages. Ces deux recommandations, examinées au fond, reviennent à celle-ci : il faut éviter de se trouver dans un courant d'air.

Un courant d'air attirerait-il donc réellement la foudre, faciliterait-il sa chute? A défaut de moyens décisifs de trancher cette question, on a cité l'usage de fermer les fenêtres dès qu'un orage se manifeste, comme le résultat d'une véritable expérience; on a pensé que les peuples les plus éloignés ne se seraient pas généralement accordés à se clore quand le tonnerre gronde, si cette pratique n'avait aucun avantage. Ai-je besoin de faire remarquer qu'il n'est pas de préjugé populaire qu'on ne puisse justifier en raisonnant ainsi?

Pendant un orage, il pleut, il vente fortement; l'usage de fermer les portes et les fenêtres a donc pu naître, tout simplement, de la nécessité de se garantir du vent et de la pluie. Nous savons toutefois que, dans quelques pays, cet usage est appuyé sur des idées superstitieuses. En Esthonie, par exemple, c'est la peur de laisser entrer le malin esprit que Dieu poursuit quand le tonnerre gronde,

les ranger parmi les corps non conducteurs que la foudre respecte, ou, du moins, qu'elle frappe rarement.

Des différences aussi tranchées ne peuvent pas exister sans qu'il y ait également des nuances. Or, chaque degré de conductibilité correspond en temps d'orage à une certaine mesure de danger. L'homme, conducteur comme le métal, sera aussi souvent foudroyé que le métal; l'homme qui interrompt la communication dans la chaîne, n'aura guère plus à craindre que s'il était de verre, de résine. Entre ces limites il se trouvera des individus que la foudre frappera à l'égal du bois, des pierres, etc. Ainsi dans les phénomènes du tonnerre, tout ne gît pas dans la place qu'un homme occupe : la constitution physique de cet homme, joue aussi un certain rôle.

qui détermine chacun à calfeutrer les plus petites ouvertures (Salverte. *Des sciences occultes*). N'est-il pas remarquable que des idées religieuses aient conduit les Juifs, dans certaines contrées, à faire exactement le contraire des Esthoniens. Dès que l'éclair sillonne la nue, les Juifs, dit l'abbé Deehman, ouvrent portes et fenêtres, afin que le Messie, dont la venue doit être annoncée par un orage, puisse entrer librement dans l'habitation qu'il voudra choisir.

Examinons, au surplus, la pratique en elle-même, autant que l'état de la science peut le permettre.

L'atmosphère oppose une certaine résistance au passage de la matière de la foudre. Il est probable que cette résistance diminue quand la température et l'humidité augmentent, quand la pression barométrique s'affaiblit. Ainsi, tout ce qui amoindrit la densité de l'air en un point donné tend, peu ou prou, à y appeler la foudre. Or, un homme qui court par un temps calme laisse derrière lui un espace où, mathématiquement parlant, l'air est raréfié. A parité de circonstances, cet espace sera donc celui où les coups de foudre deviendront le plus imminents.

Voici un fait dont les circonstances m'ont été communiquées par mon illustre confrère l'amiral Roussin, et qui peut-être sera considéré comme quelque peu favorable aux conjectures qu'on vient de lire.

La frégate *la Junon*, faisant route pour l'Inde, fut assaillie, le 18 avril 1830, à peu de distance des Canaries, par un violent orage pendant lequel, malgré son paratonnerre, la foudre tomba à bord.

Le fait de la chute de la foudre ne paraît pas douteux. En effet, immédiatement après l'explosion, il se manifesta dans tout le navire une forte odeur de soufre. Les personnes qui se trouvaient sur le gaillard d'arrière virent d'ailleurs une flamme se détacher de la chaîne conductrice. Cette flamme se montra en un point situé à moitié de la distance entre la grande hune et le bastingage, et alla à bâbord se perdre dans les flots, tandis que l'extrémité de la chaîne plongeait dans la mer du côté opposé, c'est-à-dire à tribord; j'ajoute, enfin, qu'au moment du coup de tonnerre, un des matelots de l'équipage fut si complétement asphyxié qu'on le crut mort.

Après l'accident, on s'assura que la chaîne, composée de fils de cuivre tordus à la manière des cordages et formant un cylindre d'environ 1 centimètre de diamètre, n'avait été rompue en aucune de ses parties. La pointe de la flèche métallique vissée sur la tête du grand mât et avec laquelle la chaîne conductrice communiquait, était seule brûlée.

Le fait d'une décharge latérale de la foudre provenant du conducteur, est actuellement connu dans tous ses détails. Il resterait à en trouver l'explication. La première qui se présente à l'esprit consiste à dire que la chaîne métallique était d'un diamètre beaucoup trop petit. Ne pourrait-on pas supposer, pour ajouter à la force de l'objection, qu'au moment de la décharge, l'extrémité de la chaîne ne plongeait pas dans l'eau? Cette extrémité s'attache à une latte de cuivre, ordinairement clouée sur les deux ou trois premières virures de la flottaison. La latte est à tribord; tribord était au vent, et dans la relation on parle

du vent comme étant très-fort en ce moment. Tout porte donc à croire que le bâtiment était momentanément soulevé du côté du point d'attache de l'extrémité inférieure de la chaîne conductrice ; malheureusement, on ne saurait dire de combien, et cette circonstance atténue beaucoup le mérite de la conjecture que je viens de hasarder.

A bord de *la Junon*, tout le monde était convaincu que la foudre avait quitté le conducteur par l'effet du vent très-violent qui soufflait alors. Il est, assurément, bien loin de ma pensée de regarder cette explication comme suffisante. D'un autre côté, cependant, je n'oserais la déclarer indigne d'examen. Sous le vent de la chaîne métallique conductrice, comme sous celui des cordages, des mâts, etc., il devait y avoir, par suite d'un phénomène bien connu des hydrauliciens sous le nom de communication latérale de mouvement, une sorte de vide, c'est-à-dire un petit espace dans lequel la pression atmosphérique était considérablement affaiblie. Or, nier sans réserve toute influence de cette diminution brusque de pression, ne serait pas d'un esprit philosophique, surtout en présence de tant d'observations de physique que nous développerons plus tard, c'est-à-dire quand nous rapprocherons les phénomènes de l'électricité artificielle de ceux de la foudre.

Je viens de parcourir les considérations diverses sur lesquelles on a pu se fonder pour conseiller de ne pas courir quand il tonne. Maintenant, il est permis de se demander si, en temps d'orage, ce qu'on gagne à rester immobile ou à marcher lentement, quant au danger d'être foudroyé, est une compensation suffisante du désagrément d'être mouillé par une forte averse.

§ 5. — Les nuages d'où les éclairs et la foudre s'échappent incessamment, sont-ils constitués, comme quelques physiciens le supposent, de telle sorte qu'il y ait danger de mort à les traverser.

La constitution intime des nuées est trop imparfaitement connue pour qu'on ait été à même d'apprécier, d'après des considérations théoriques, le danger qu'il pourrait y avoir à trop approcher du foyer d'un orage. Sur ce point, l'opinion générale me paraît bien plutôt une affaire de sentiment que le résultat d'une discussion approfondie. De noirs nuages lancent quelquefois au loin la destruction, l'incendie et la mort! Que ne doivent-ils pas faire de près? Tel est l'aperçu vague auquel on s'est arrêté. Volta, lui-même, n'avait peut-être pas d'autre guide lorsque, dans son Mémoire sur la formation de la grêle, il traitait de hardiesse inouïe le projet de traverser une nuée orageuse. Quoi qu'il en soit, la question m'a paru mériter d'être examinée. Il importait de savoir si les météorologistes pouvaient conserver l'espoir d'aller, tôt ou tard, étudier la foudre dans la région même où elle s'élabore; il était bon aussi d'apprécier à sa juste valeur le danger que l'on court dans certaines montagnes où les orages naissent avec trop de rapidité pour que les voyageurs aient le temps de leur échapper. Ma tâche, au reste, se bornait à rechercher si des personnes s'étaient jamais trouvées au milieu de nuages, foyer d'un orage déclaré, sans y périr; mais je ne devais admettre que des observations nettes, précises, exemptes d'ambiguïté. Tous ces caractères, je les ai trouvés réunis dans une relation de l'abbé Richard, auteur de l'*Histoire de l'air et des météores*.

A la fin d'août 1750, ce physicien montait en voiture la petite montagne de Boyer, à peu de distance de Senecey, entre Chalon-sur-Saône et Tournus. Aux trois quarts de la hauteur de cette montagne, s'était arrêté un nuage dans lequel le tonnerre grondait de temps en temps. Bientôt M. Richard l'atteignit. Dès ce moment, la foudre ne se manifesta plus par des coups brusques et des intervalles de silence. Elle faisait un bruit continuel semblable à celui d'un tas de noix que « l'on roulerait sur des planches. » Au sommet de la montagne, l'observateur se trouva au-dessus de la nuée : elle n'avait pas cessé d'être orageuse, car de brillants éclairs la sillonnaient, car il en partait de fortes détonations.

Le second exemple que je citerai n'aura pas pour garant un physicien. Peut-être sera-ce un avantage, les circonstances, d'ailleurs peu nombreuses et très-simples du phénomène, ayant été recueillies par une personne qui n'avait pas de système à faire prévaloir. J'écris ce qu'on va lire, sous la dictée de ma sœur :

« Il y a quelques années, je partis un matin, avec deux de mes amies, du village d'Estagel, pour me rendre à Limoux. Notre voiture avait déjà gravi une bonne partie de la route sinueuse et rapide du col Saint-Louis, lorsque toute la vallée se couvrit subitement de nuages orageux sur la nature desquels on ne pouvait pas se méprendre, puisqu'il en sortait de brillants éclairs, puisque de forts coups de tonnerre se faisaient entendre. Mes compagnes et moi, nous désirions rétrograder; le cocher fut d'un avis contraire : il alla donc à la rencontre de l'orage. Comme nous avions grand' peur, nous fermâmes les yeux

pour ne pas voir les éclairs, nous nous bouchâmes les oreilles pour ne pas entendre le tonnerre. Nous étions depuis environ un quart d'heure dans cet état, quand le cocher nous fit savoir, à notre très-vive satisfaction, que tout danger était passé. Le nuage, en effet, se trouvait au-dessous de nous; il y éclairait encore, il y tonnait, mais notre inquiétude cessa, car nous jouissions d'un ciel pur et du plus beau soleil. »

MM. les capitaines Peytier et Hossard, que j'ai déjà eu l'occasion de citer honorablement, se sont trouvés dans les Pyrénées au milieu de nuages, foyer d'un orage déclaré :

Sur le sommet du pic d'Anie, à 2,504 mètres de hauteur, le 15 juin 1825, et les 20, 24 et 25 juillet 1827;

(L'orage du 15 juin dura six heures; les cheveux des observateurs et les glands de leurs casquettes se dressaient; on entendait un sifflement autour des parties saillantes des corps.)

Au sommet du pic Lestibète, à 1,851 mètres de hauteur, les 4, 5, 6 et 13 juillet 1816;

(Pendant l'orage du 13, il tomba des grêlons en étoile de près de 3 centimètres de diamètre.)

Sur la montagne de Troumouse, à 3,086 mètres, les 9 et 13 août 1826;

(L'orage du 9 dura vingt-quatre heures; il grêla, il plut, les tonnerres furent très-fréquents. La tente, malgré trois toiles superposées de coutil très-serré, parut quelquefois comme embrasée. Le fusil chargé de M. Hossard, laissé par précaution hors de la tente, offrit, le lendemain, plusieurs traces de fusion évidentes à l'extré-

mité du canon. De la vallée, cet orage parut si violent, que les habitants d'Héas n'espéraient revoir ni les deux officiers, ni leurs guides.)

Au pic de Baletous, à 3,146 mètres, les 25, 30 et 31 août 1826;

(Pluie, grêle, neige; éclairs d'une extrême vivacité, suivis instantanément d'une détonation. La foudre tomba le 31 sur une perdrix blanche, que les guides de MM. Peytier et Hossard avaient suspendue par une ficelle à un piquet en bois; le bout du piquet se trouva charbonné; une traînée de plumes avait été enlevée sur la perdrix, depuis la tête jusqu'à la queue. Du village d'Arrens l'orage avait paru si fort, qu'on ne s'attendait plus à voir redescendre les observateurs du pic de Baletous.)

§ 6. — Est-on frappé de la foudre avant de voir l'éclair?

Je doute qu'aucun physicien se fût hasardé, il y a peu d'années, à poser publiquement la question qu'on vient de lire. Rien alors ne semblait devoir être plus rapide que la lumière. Une vitesse bien constatée de 80,000 lieues par seconde paraissait assez étonnante pour que l'imagination ne cherchât pas à aller au delà. Les expériences de M. Wheatstone devaient changer la disposition des esprits. Elles ont en effet, je ne dis pas démontré, mais du moins fait entrevoir la possibilité de vitesses plus considérables que celle de la lumière, et cela dans une matière (la matière électrique) dont cent comparaisons tendent à établir l'identité avec celle de la foudre. Le doute énoncé en tête de ce chapitre méritait donc d'être approfondi, sous le point de vue théorique. La météoro-

logie ne pouvait qu'y gagner; je crois aussi que le problème touche, par quelques points, à la physiologie; il m'a semblé enfin que bien des personnes timides seraient arrachées aux cruelles préoccupations dont elles sont assaillies pendant les orages, s'il était prouvé qu'on n'a rien à craindre de la foudre quand on a vu l'éclair.

Un fermier du Cornouailles, Thomas Olivey, qui fut jeté à terre sans connaissance par un effroyable coup de tonnerre, le 20 décembre 1752, avait si peu entendu le bruit, si peu aperçu la lumière du météore, qu'en revenant à lui, au bout d'un quart d'heure, sa première pensée fut de demander qui l'avait frappé.

Un homme est foudroyé, près de Bitche, le 11 juin 1757. Après qu'il est revenu d'un long évanouissement, l'abbé Chappe lui demande de rendre compte de ses sensations. Voici sa réponse : « Je n'ai rien entendu, je n'ai rien vu. »

Le révérend Antony Williams, recteur de Saint-Keverne (Cornouailles), fut atteint, le 18 février 1770, par le même coup de foudre qui ravagea son église. En revenant à lui, après un long évanouissement, il déclara n'avoir pas vu l'éclair, n'avoir pas entendu le tonnerre.

M. Howard questionna le survivant de deux jardiniers que la foudre avait jetés à terre sans connaissance, en 1807, dans une maison de campagne voisine de Manchester. Cet homme, George Bradbury, déclara positivement n'avoir ni entendu le tonnerre, ni vu l'éclair au moment de l'accident.

Le 11 juillet 1819, le tonnerre tomba sur l'église de

Châteauneuf-lez-Moutiers, arrondissement de Digne, département des Basses-Alpes : il y tua neuf personnes et en blessa quatre-vingt-deux. Le curé de Moutiers se trouvait parmi ces dernières. On le ramassa complétement asphyxié; son surplis était en flammes; il revint à la vie deux heures après l'accident, et déclara alors n'avoir « rien entendu, n'avoir rien su de ce qui s'était passé. »

M. Rokwell, frappé de la foudre en août 1821, n'avait ni vu l'éclair, ni entendu le bruit du tonnerre.

Un ouvrier, H.-N. Reeves, qui travaillait, en juin 1829, au clocher de Salisbury, tomba sans connaissance à la suite d'un violent coup de foudre. Quand on l'eut fait revenir d'un long évanouissement, il déclara qu'il n'avait point vu l'éclair au moment de sa chute.

CHAPITRE XL.

DES DANGERS QUE CAUSENT LES FILS DES TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES.

Il arrive quelquefois que les poteaux qui supportent les fils métalliques d'un télégraphe électrique sont frappés par la foudre, et déchiquetés à la manière ordinaire; les fils restent intacts et soutiennent les parties supérieures du poteau. Quelquefois plusieurs poteaux contigus sont frappés simultanément; dans d'autres cas, les poteaux foudroyés sont séparés par d'autres, demeurés intacts. Ces faits, parfaitement avérés, ont fait supposer que les fils des télégraphes électriques ajoutent au danger d'être foudroyé pour les personnes qui passent à peu de distance des fils.

M. Henry, des États-Unis, a cherché à rattacher ces phénomènes aux lois connues de l'électricité. Même par un temps serein, les parties diversement élevées du fil, se trouvant dans des conditions différentes, deviendront la cause de courants allant de la partie élevée à la partie basse du fil.

Un courant analogue prendra naissance lorsqu'une précipitation d'humidité s'opérera avec plus de force à l'une des extrémités du fil, ou bien par le fait d'une pluie d'orage ou de neige.

On peut supposer que l'induction est une cause encore plus fréquente, plus habituelle des courants électriques, provenant d'un nuage qui se meut dans l'atmosphère à peu près parallèlement à la ligne du fil; on doit même admettre que cette cause (l'induction) produit des courants le long des rails du chemin de fer lui-même. Et, en effet, M. Henry rapporte qu'il a vu, dans des circonstances favorables, des étincelles se montrer dans les interstices que laissent entre eux deux rails contigus.

Lorsqu'on veut empêcher, en temps d'orage, les courants induits de produire des effets fâcheux sur l'appareil qui fait les signaux, ou mettre les opérateurs à l'abri de l'action des très-fortes étincelles provenant d'un gros fil, on remplace celui-ci par un fil très-délié.

On a vu souvent, en temps d'orage, de très-petits oiseaux suspendus par la patte aux fils du télégraphe électrique sur lesquels ils étaient allés se reposer. Quant aux gros oiseaux qui jonchent quelquefois le sol le long du fil, ce n'est pas à l'électricité qu'on doit attribuer leur mort, mais bien à ce que ces oiseaux

ont été se heurter sur le fil qu'ils n'apercevaient pas.

Au surplus, il sera prudent, en temps d'orage, de se tenir à certaine distance du fil du télégraphe électrique; c'est le seul moyen certain d'échapper au choc des étincelles qui peuvent dépendre, comme nous venons de le dire, des phénomènes d'induction.

CHAPITRE XLI.

DES MOYENS A L'AIDE DESQUELS ON A PRÉTENDU METTRE LES ÉDIFICES A L'ABRI DES ATTEINTES DE LA FOUDRE.

§ 1er. — Des anciens moyens de préservation des édifices.

Columelle rapporte que Tarchon croyait s'être mis complétement à l'abri des coups de tonnerre en entourant sa demeure de vignes blanches.

Près de deux mille ans d'expériences ne nous ont rien appris, relativement aux vignes blanches, qui puisse justifier les espérances de Tarchon [1].

Au xve siècle, on plantait une épée nue sur le mât de chaque vaisseau pour en écarter la foudre. Saint Bernardin de Sienne, qui nous a conservé le souvenir de cette coutume, la qualifiait de préjugé. (Laboissière, *Académie du Gard*, 1822.)

On verra tout à l'heure ce qu'il faudrait ajouter à l'épée pour qu'elle produisît de bons effets.

La foudre, toutes circonstances égales, frappe de préfé-

1. Dans le midi de l'Europe, et surtout en Italie, lorsque les cultivateurs voient un rameau de vigne où les feuilles et les fruits sont complétement desséchés, ils ne manquent pas de dire que c'est l'effet d'un éclair.

rence les lieux élevés. On a cru pouvoir conclure, de ce fait incontestable, qu'un objet quelconque est toujours garanti par un objet plus haut, situé dans son voisinage; qu'une maison, par exemple, n'a rien à craindre du météore, quand elle est entourée de clochers; mais on n'a pas réfléchi que des circonstances spécifiques, visibles ou cachées, peuvent compenser, et au delà, les influences d'une plus grande hauteur. Les faits légitiment cette objection.

Le 15 mars 1773, la foudre tomba à Naples sur la maison habitée par lord Tilney, quoique cette maison fût dominée de tous les côtés, à quatre ou cinq cents pas de distance, par les coupoles et les tours d'un grand nombre d'églises. Ajoutons que ces coupoles et ces tours étaient alors mouillées par une abondante pluie.

On pourrait citer cent exemples de laboureurs tués par la foudre précisément à côté de meules de foin ou de tas de gerbes de blé deux ou trois fois plus hauts qu'eux et qui n'avaient pas été frappés [1].

§ 2. — Est-il vrai que des arbres qui dominent une maison à de petites distances, la mettent complétement à l'abri des atteintes de la foudre, ainsi que le prétendent beaucoup de physiciens?

Si l'on s'en rapporte au témoignage de ceux qui achètent et exploitent de grandes étendues de forêts pour les

1. Les pierres de foudre étaient jadis considérées comme un préservatif contre les effets destructeurs du météore. Il suffisait, dès le début d'un orage, de frapper trois coups, avec une de ces pierres, sur toutes les faces de quelque habitation que ce fût; ensuite on n'avait rien à redouter! Il ne faudrait pas aller bien loin, pour trouver encore de nos jours cette absurde pratique en crédit; un préjugé qui se fait l'auxiliaire de la peur, ne manque jamais d'avoir une longue durée.

besoins du charronnage et de la menuiserie, les arbres sont frappés de la foudre beaucoup plus qu'on ne l'imagine. Lorsqu'on les scie, lorsqu'on en fait des madriers ou des planches, il se montre une multitude de fentes, de fissures, qui évidemment ont eu un coup de foudre pour cause première.

Cette observation concorde avec une remarque que M. de Tristan a déduite de l'observation de soixante-quatre orages distincts et accompagnés de grêle, qui, dans l'espace de vingt-six ans (du 1er janvier 1811 au 1er janvier 1827), occasionnèrent de grands dommages en divers points du département du Loiret, voisins de la forêt d'Orléans. M. de Tristan a reconnu qu'un orage, quand il passe sur une vaste forêt, s'affaiblit notablement.

D'après ces observations, il paraît incontestable que les arbres soutirent aux nuages orageux une partie considérable de la matière fulminante dont ils sont chargés. On peut donc les considérer comme un moyen d'atténuer la gravité des coups foudroyants; mais c'est aller au delà des limites de l'observation, que de les doter d'une vertu préservatrice absolue. Voici, au surplus, des faits qui montreront combien mes doutes sont fondés.

Le 2 septembre 1816, le tonnerre tomba à Conway (Massachusetts) sur l'habitation de M. John Williams, et y produisit de grands dégâts. Cependant, dans le voisinage existaient des peupliers d'Italie, de 18 à 24 mètres de haut, et dont les sommités dépassaient le toit du bâtiment de 9 à 12 mètres. Un des peupliers n'était qu'à 1m.80 de distance du point par lequel le tonnerre pénétra dans la maçonnerie. Aucun de ces arbres n'avait été frappé.

Veut-on une autre preuve de l'inefficacité des arbres comme paratonnerres, ou comme moyen de sûreté pour les habitations qu'ils entourent? Je la trouverai dans les circonstances du coup de foudre qui, le 17 août 1789, frappa la maison de M. Thomas Leiper, près de Chester, aux États-Unis. Ces circonstances, je les extrais d'une Note publiée en 1790 par le célèbre David Rittenhouse.

L'habitation de M. Leiper est établie au bas d'un pli de terrain assez prononcé. Dans la direction de l'ouest, le sol, à la courte distance d'une vingtaine de mètres, est déjà à un niveau plus élevé que le faîte de la maison. Sur ce terrain existe d'ailleurs une allée de grands chênes. L'orage venait de l'ouest; avant de se trouver dans la verticale de la maison, il était donc passé sur des arbres beaucoup plus élevés que les toits, et même que les cheminées. Tout cela demeura sans effet : les arbres restèrent intacts et la maison fut foudroyée [1].

CHAPITRE XLII.

DES MOYENS A L'AIDE DESQUELS ON A PRÉTENDU PRÉSERVER DE LA FOUDRE DES VILLES ENTIÈRES, ET MÊME DE GRANDES ÉTENDUES DE PAYS.

§ 1er. — Procédé des anciens.

Ctésias de Gnide, un des compagnons de Xénophon, raconte, dans un passage qui nous a été conservé par

1. On peut expliquer théoriquement cette anomalie d'une manière satisfaisante, en se rappelant que la colline couverte d'arbres, est un roc aride et sec surmonté de quelques centimètres de terre seulement; que la maison était presque entourée d'eau, qu'on l'avait armée de deux paratonnerres avec leurs accessoires, que plusieurs gouttières de métal allaient du faîte aux fondations.



Photius, qu'il avait reçu deux épées, l'une des mains de Parisatis, mère d'Artaxercès, l'autre des mains du roi lui-même. Puis il ajoute : « Si on les plante dans la terre, la pointe en haut, elles écartent les nuées, la grêle et les orages. Le roi, poursuit-il, en fit l'expérience devant moi, à ses risques et périls. »

Ce passage, sans doute fort curieux, a-t-il réellement toute l'importance qu'on lui a accordée? Il est aujourd'hui bien établi, je ne dirai pas qu'une courte épée, mais encore qu'une tige métallique élancée, pointue, placée sur le faîte d'un bâtiment, n'écarte pas les nuées. A cet égard, on ne peut douter que les Perses ne se soient trompés; on doit admettre, au moins, que leur opinion était évidemment dénuée de preuves; ce point une fois reconnu, ne doit-on pas supposer que le médecin d'Artaxercès se rendait aussi l'écho d'une conjecture hasardée, sans base solide, quand il dotait son épée d'une seconde propriété, celle d'écarter les orages? En tout cas, et ce ne serait pas la première fois que la vérité aurait souffert d'un fâcheux voisinage, faudrait-il s'étonner que l'expérience des deux lames d'épée fût passée inaperçue, lorsque, dans le chapitre où elle est consignée, Ctésias fait mention, avec la même assurance, d'une fontaine de seize coudées de circonférence, sur une orgyie de profondeur, qui s'emplissait tous les ans d'un or liquide; lorsqu'il ajoute que tous les ans aussi on remplissait cent cruches de cet or. Ces cruches, dit-il encore, doivent être de terre, parce que l'or venant à se durcir, il est nécessaire de les briser pour l'en tirer.

Au siècle de Charlemagne, on élevait de longues per-

ches dans les champs pour écarter la grêle et les orages. Hâtons-nous d'ajouter, car sans cela les admirateurs fanatiques de l'antiquité trouveraient dans cette citation une preuve manifeste de l'ancienneté des paratonnerres de Franklin, hâtons-nous d'ajouter que les perches restaient inefficaces, à moins qu'elles ne fussent surmontées de morceaux de papier. Ces papiers ou parchemins étaient sans doute couverts de caractères magiques, puisque Charlemagne, en proscrivant cet usage par un capitulaire de l'an 789, le qualifiait de superstitieux.

§ 2. — Effets des grands feux allumés en plein air.

Certaines expériences de physique ont conduit à supposer que de grands feux enlèveraient aux nuées la majeure partie de la matière fulminante qu'elles charrient. Ces feux deviendraient ainsi (telle est, par exemple, l'opinion de Volta) le meilleur moyen de prévenir les orages ou de les rendre peu redoutables. Voyons si l'observation est venue à l'appui de ces conjectures.

Je laisse entièrement de côté l'idée bizarre que les sacrifices à ciel ouvert des anciens, que les flammes éclatantes des autels et les noires colonnes de fumée qui du corps des victimes s'élevaient dans les airs, que toutes les circonstances enfin des cérémonies destinées, suivant le vulgaire, à désarmer le bras fulminant de Jupiter, constituaient de simples expériences de physique dont les prêtres seuls possédaient le secret, et qui n'avaient, au fond, d'autre but réel que l'affaiblissement ou même l'amortissement graduel et complet des orages. Ce que je vais

rapporter est beaucoup moins fabuleux. Voici un fait que je dois à l'amitié de M. Matteucci.

Il existe près de Césène, en Romagne, une paroisse dans toute l'étendue de laquelle, à 12 kilomètres à la ronde, d'après les conseils du curé, les paysans placent, de 15 en 15 mètres, des tas de paille et de bois léger. Quand un orage approche, on met le feu à tous ces monceaux de paille. Cette pratique est en usage depuis trois ans, et depuis trois ans la paroisse n'a pas eu à souffrir des orages, et depuis trois ans son territoire n'a pas été grêlé, et cependant il l'était jadis tous les ans, et cependant, dans les trois dernières années, le météore a ravagé les paroisses voisines.

Trois ans ne sont pas un espace de temps assez long pour qu'on puisse encore se prononcer définitivement sur la faculté préservatrice des grands feux. Au reste, l'expérience se continue, et on ne manquera pas de tenir le public au courant des résultats qu'elle pourra fournir.

Lorsque je rappelais, dans l'Éloge de Volta (voir t. I, p. 206), les idées de cet illustre physicien sur le rôle avantageux que de grandes flammes pourraient jouer pendant les orages, je m'imaginais qu'on obtiendrait à cet égard quelques notions encourageantes, si l'on comparait les observations météorologiques des comtés de l'Angleterre que tant de hauts-fourneaux et d'usines transforment nuit et jour en océans de feu, à celles des comtés agricoles environnants.

La comparaison a été faite, ainsi qu'on a pu le voir page 170 et suivantes : les régions agricoles comptent sensiblement plus d'orages que les régions des mines, et

cependant je ne pense pas aujourd'hui que la question soit tranchée. Les hauts-fourneaux abondent en Angleterre partout où il y a beaucoup de mines métalliques ; la rareté des orages dans ces localités peut donc tout aussi bien être attribuée à la nature du sol qu'à l'action des énormes feux que nécessite le traitement des minerais. En 1831, lorsque je rédigeais l'éloge de Volta, j'avais négligé une des faces de la difficulté.

Dans l'expérience qui se continue actuellement près de Césène, dans celle du Cornouailles dont je viens de parler, il est question d'apprécier l'effet simultané d'un grand nombre de feux. Quant à un feu unique, quelque considérable qu'il soit, nous pourrons prouver, je crois, que son action ne va seulement pas jusqu'à dépouiller de leur matière fulminante les nuages les plus rapprochés, ceux qui lui correspondent verticalement.

Qu'on se reporte au 1er juillet 1810, au bout de la rue du Mont-Blanc et à l'hôtel Montesson, occupé par le prince de Schwartzenberg. C'étaient le jour et l'emplacement de la fête donnée par l'ambassade d'Autriche à Napoléon et à Marie-Louise. Au milieu de la nuit, une salle de bal immense fut incendiée. Les vastes colonnes de flamme, dont les pompiers ne purent se rendre maîtres, n'empêchèrent pas qu'à la fin de la nuit il n'éclatât un épouvantable orage. Les éclairs se succédaient alors avec une rapidité effrayante et embrasaient le firmament ; le tonnerre grondait sans intermittences ; enfin, il tomba des torrents de pluie qui éteignirent les derniers tisons.

§ 3. — Du bruit du canon considéré comme moyen de dissiper les orages.

Les navigateurs paraissent assez généralement persuadés que le bruit de l'artillerie dissipe les nuées orageuses et même les nuées de toute espèce, mais ils citent peu de faits authentiques à l'appui de leur opinion. Ce que j'ai recueilli de plus net sur un sujet aussi digne d'étude se trouve, à la date de 1680, dans les *Mémoires du comte de Forbin,* publiés pour la première fois en 1729.

« Pendant le séjour que nous fîmes, dit cet intrépide marin, sur ces côtes (les côtes voisines de Carthagène des Indes), il se formait journellement, sur les quatre heures du soir, des orages mêlés d'éclairs, et qui, suivis de tonnerres épouvantables, faisaient toujours quelques ravages dans la ville où ils venaient se décharger. Le comte d'Estrées, à qui ces côtes n'étaient pas inconnues, et qui dans ses différents voyages d'Amérique avait été exposé plus d'une fois à ces sortes d'ouragans, avait trouvé le secret de les dissiper en tirant des coups de canon. Il se servit de son remède ordinaire contre ceux-ci : de quoi les Espagnols s'étant aperçus, et ayant remarqué que dès la seconde ou la troisième décharge l'orage était entièrement dissipé, frappés de ce prodige et ne sachant à quoi l'attribuer, ils en témoignèrent une surprise mêlée de frayeur, etc. »

Dans divers pays, les agriculteurs, encouragés par l'opinion des hommes de guerre, ont maintenant recours au bruit du canon lorsqu'ils se croient menacés d'un orage, et surtout d'un orage chargé de grêle. A quelle

époque cette pratique est-elle née? Je ne saurais le dire avec exactitude; mais tout me porte à penser qu'elle n'est pas très-ancienne. Dans la première Encyclopédie, dont la publication remonte à 1760, je lis à l'article *orage* de M. de Jaucourt : « Nous avons ouï dire plus d'une fois à nos militaires que le bruit du canon dissipe les orages et qu'on ne voit jamais la grêle dans les villes assiégées..... Cet effet du canon ne me paraît pas hors de toute vraisemblance. Après tout, que risquerait-on à faire un essai? quelque quintal de poudre, les frais du transport de quelques pièces de canon, qui ne vaudraient pas moins après avoir été employées à cet usage. Peut-être qu'au moyen de cette espèce de mouvement d'ondulation qu'on exciterait dans l'air par l'explosion de plusieurs canons tirés les uns après les autres, on pourrait ébranler, dissiper les nuages qui commencent à fermenter. »

Il ressort avec évidence de tout ce passage qu'en 1765, l'emploi des canons ou des boîtes à feu, comme moyen de dissiper les orages, n'était pas passé dans la pratique, que les auteurs le recommandaient encore à titre d'important sujet d'expériences; mais, à la date de 1769, on avait fait un pas de plus. Je trouve, en effet, dans le tome VIII de l'*Histoire de l'air et des météores*, qu'en mai 1769, le comté de Chamb, en Bavière, essuya de violents orages; que les campagnes furent ravagées, excepté cependant « celles dont les habitants ont introduit l'usage de faire, aux premiers coups de tonnerre qui se font entendre, des décharges multipliées de boîtes et de petits canons. »

C'est vers la même année, 1769, que M. le marquis

de Chevriers, ancien officier de marine, retiré dans sa terre de Vaurenard (Mâconnais), imagina de combattre le fléau de la grêle de la manière dont il avait vu en mer dissiper, à ce qu'il croyait, les nuées orageuses, c'est-à-dire à l'aide des explosions de l'artillerie. Il consommait annuellement, pour ce seul objet, 100 à 150 kilogrammes de poudre de mine.

Le marquis de Chevriers mourut au commencement de la Révolution; mais les habitants de sa commune, convaincus de la bonté du procédé qu'il avait mis en usage, continuèrent à l'employer. Je trouve dans un Mémoire rédigé sur les lieux par M. Leschevin, commissaire en chef des poudres et salpêtres, qu'en 1806, les boîtes ou les canons étaient en usage dans les communes de Vaurenard, d'Iger, d'Azé, de Romanèche, de Julnat, de Torrins, de Pouilly, de Fleury, de Saint-Sorlin, de Viviers, des Bouteaux, etc. La commune de Fleury se servait d'un mortier qui recevait 500 grammes de poudre à la fois; d'autres employaient des boîtes plus ou moins larges; c'est ordinairement sur les hauteurs que les décharges se faisaient. La consommation de poudre de mine était, pour ce seul objet, de 4 à 500 kilogrammes par an.

Le procédé du marquis de Chevriers n'est pas resté concentré dans le Mâconnais. Naguère, un maire des environs de Blois m'apprenait que dans sa commune on tirait également des boîtes à l'approche des orages, et désirait savoir si la science avait légitimé cette coutume, ce qui, par parenthèse, ne semblait pas indiquer que l'usage en eût complétement démontré l'efficacité.

La méthode mâconnaise ou bavaroise de dissiper les

orages, se fonde jusqu'ici sur une opinion des marins et sur l'observation unique recueillie dans les parages de Carthagène des Indes; mais en matière de météorologie, l'expérience de quelques jours ne semble guère pouvoir servir de base à des conclusions générales. En cherchant dans ma mémoire si je ne découvrirais pas quelque fait qui vînt à l'appui de celui que Forbin rapporte, j'en ai trouvé un qui est précisément tout l'opposé, et, chose remarquable, c'est aussi un amiral du temps de Louis XIV, et ce sont encore les côtes orientales de l'Amérique qui s'y trouvent en jeu.

Transportons-nous par la pensée au mois de septembre 1711, et nous trouverons l'escadre de Duguay-Trouin en vue de Rio-Janeiro. Cette escadre, composée des vaisseaux *le Lys, le Magnanime, le Brillant, l'Achille, le Glorieux, le Mars;* des frégates *l'Argonaute, l'Amazone, la Bellone, l'Aigle*, et de plusieurs navires de moindres dimensions, emploiera toute la journée du 12 à forcer l'entrée de la rade, défendue par la formidable artillerie d'un grand nombre de forts et par celle de quatre vaisseaux et de trois frégates. L'intervalle du 12 au 29 sera, de jour comme de nuit, un combat continuel de mousqueterie et d'artillerie. Des galiotes lanceront des bombes; les Portugais mettront le feu à plusieurs fourneaux de mines; ils feront sauter plusieurs de leurs vaisseaux, ils incendieront beaucoup de magasins, etc. Enfin, le 20, jour de la prise de la place, deux vaisseaux de Duguay-Trouin, *le Brillant* et *le Mars;* la batterie de l'île des Chèvres, composée de cinq mortiers et de dix-huit pièces de 24, feront un feu continuel qui rasera une par-

tie des retranchements de la ville; la nuit, le signal donné par le commandant sera suivi d'un feu général des batteries et des vaisseaux, et cela n'empêchera pas qu'il n'éclate un orage accompagné, dit Duguay-Trouin, des éclats redoublés d'un tonnerre affreux qui se succéderont les uns aux autres sans laisser presque aucun intervalle.

Voilà une expérience dans laquelle se trouvaient assurément réunies toutes les conditions désirables de succès. et cependant mille et mille détonations bien plus intenses que celles des petits canons, des petites boîtes du Mâconnais, n'empêchèrent pas l'orage de naître, et, une fois formé, ne le dissipèrent pas.

Si un seul fait, celui que j'ai emprunté à Forbin, n'a pas semblé démontrer suffisamment que des détonations ont la propriété de dissiper les orages, on pourra bien ne point voir dans le fait isolé que, d'autre part, j'ai tiré des Mémoires de Duguay-Trouin la preuve de la thèse inverse. Sans aucun doute, celui qui aurait sous la main les annales détaillées des dernières guerres y trouverait une multitude de documents propres à éclaircir la question que nous venons de débattre. J'en rapporterai deux qui me reviennent à la mémoire, dans l'espérance qu'ils provoqueront des citations analogues.

Le 25 août 1806 était le jour qu'on avait choisi pour l'attaque de l'île et de la forteresse de Dannholm, près de Stralsund; le général Fririon, afin d'occuper et de fatiguer la garnison suédoise, la fit canonner toute la journée. Malgré ces vives et continuelles décharges d'artillerie, un violent orage éclata sur les neuf heures du soir!

Par une rencontre singulière, *le Duke,* vaisseau anglais

de 90, fut frappé de la foudre en 1793, pendant qu'il se canonnait avec une batterie de la Martinique.

Voici, enfin, le résultat d'un petit travail qui, à défaut d'expériences plus directes, pourra ne pas paraître totalement dépourvu d'intérêt.

Il y a dans le bois de Vincennes, à près de 8 kilomètres de l'Observatoire de Paris, un polygone où l'artillerie s'exerce pendant certains mois de l'année. Ce polygone est armé de 8 pièces de siége tirant de plein fouet; de 4 pièces de siége tirant à ricochet; de 6 mortiers, et enfin d'une batterie mobile de 6 pièces. Les écoles ont lieu, certains jours de la semaine, de sept à dix heures du matin. Le nombre de coups qu'on tire chaque jour est d'environ 150. Comme leur retentissement est encore très-fort à l'Observatoire, il m'a semblé que, s'il exerce sur l'atmosphère l'influence à laquelle croient tant de personnes, le ciel doit être plus rarement couvert les jours de tir que les autres jours de la semaine. Telle est l'idée que j'ai soumise à une discussion minutieuse.

M. le général Duchan, commandant de l'école de Vincennes, a bien voulu, à ma prière, faire dresser le relevé des jours où il y a eu tir de l'artillerie, depuis 1816 jusqu'en 1835. Le nombre total de ces jours s'est trouvé de 662.

Les registres météorologiques de l'Observatoire m'ont donné pour chacun des 662 jours d'école l'état du ciel à neuf heures du matin. Dans ces 662 jours, il s'en est rencontré 158 pendant lesquels le ciel, à neuf heures, était entièrement couvert. Sans le tir du canon, ce nombre aurait-il été plus considérable?

Il m'a semblé que je mettrais la solution du problème à l'abri de toute contestation, en faisant pour chaque veille de jour d'école et pour chaque lendemain le recensement météorologique dont je viens de parler, et en prenant la moyenne des deux nombres pour l'état normal météorologique des jours d'école, je veux dire pour cet état dégagé de toute influence possible du bruit de l'artillerie. Les résultats ont été :

Parmi les 662 veilles de jours d'école, 128 jours couverts;

Parmi les 662 jours d'école, 158 jours converts;

Parmi les 662 lendemains des jours d'école, 146 jours couverts.

La moyenne de 146 et de 128 ou 137 est tellement inférieure à 158, qu'on serait tenté d'en conclure qu'au lieu de dissiper et de chasser les nuages, le bruit de l'artillerie les condense et les retient; mais je sais très-bien que les nombres sur lesquels j'ai opéré ne sont pas assez forts pour permettre d'aller jusque-là. Je me bornerai seulement à dire que, relativement aux nuages communs, la détonation des plus forts canons paraît être sans influence.

Voilà donc encore un problème qui exigera de nouvelles recherches. Je prendrai la liberté de les recommander à MM. les généraux commandants de nos écoles d'artillerie. Des observations sur l'état du ciel, recueillies dans le polygone même pendant le tir, auront un grand prix. Celles qui seraient faites à une ou deux lieues de distance, ne contenteraient pas des esprits difficiles : on pourrait craindre qu'à la station météorologique, l'atmo-

sphère ne devînt exceptionnellement couverte par suite du refoulement des nuages qui, sans le tir, se maintiendraient au zénith du polygone. En tous cas, il sera indispensable de joindre aux observations de chaque jour d'école les observations de la veille et celles du lendemain, faites bien exactement toutes trois aux mêmes heures. Si l'on se contentait de noter les variations de temps pendant la durée du tir, on courrait évidemment le risque d'attribuer aux détonations de l'artillerie le changement dans l'état du ciel qui, presque tous les matins, se manifeste à mesure que le soleil s'élève sur l'horizon [1].

CHAPITRE XLIII.

EST-IL UTILE OU DANGEREUX DE SONNER LES CLOCHES EN TEMPS D'ORAGE?

Je vais examiner cette importante question, sans me préoccuper des décisions tranchantes de divers corps savants, administratifs ou judiciaires [2], mais aussi sans aucune disposition à penser que les croyances généralement répandues ne sauraient manquer d'être appuyées sur des bases solides.

Il n'y a qu'un pas de l'opinion que nous venons de

1. Dans les 662 jours d'école de Vincennes, on a compté en jours parfaitement sereins :

Les veilles des écoles. . . .	83
Les jours d'école.	84
Les lendemains.	80

2. En 1747, l'Académie des Sciences elle-même regardait comme dangereux « de sonner les cloches ou d'exciter quelque autre vio-

discuter, et suivant laquelle le bruit de l'artillerie déchirerait les nuages, les morcellerait, les détruirait, et transformerait rapidement le ciel le plus nuageux en un ciel d'azur, à la supposition que le même effet doit résulter du retentissement prolongé d'une grosse cloche. Mais est-ce bien par cet ordre d'idées qu'on a été conduit à mettre les cloches en branle avec l'espérance de dissiper ainsi les orages? J'oserais d'autant moins l'affirmer, que quelque érudit découvrira peut-être que l'usage de sonner les cloches est antérieur à l'invention de la poudre. On sera plus dans le vrai, je pense, si l'on cherche l'origine de cette singulière pratique dans des considérations religieuses.

Les cloches sont toujours bénies en grande pompe, quand on les met en place. Voici un extrait des oraisons dont, suivant le rituel de Paris, les églises retentissent dans ces cérémonies :

« Bénissez, ô mon Dieu, etc..... et que toutes les fois qu'elle sonnera elle chasse au loin les malignes influences des esprits tentateurs, l'obscurité de leurs apparitions, l'arrivée des tourbillons, les coups des foudres, les dommages des tonnerres, les calamités des ouragans et tous les esprits des tempêtes, etc.....

lente commotion dans l'air, lorsqu'on a un orage au-dessus de soi.» (*Histoire de l'Académie*, 1747, p. 52.)

Un arrêt du parlement, en date du 21 mai 1784, homologua une ordonnance du bailliage de Langres qui défendait expressément de sonner les cloches quand il tonne. Deux ans auparavant semblable défense avait été faite dans le Palatinat, par l'électeur Charles-Théodore. On pourrait aussi citer des mandements en vertu desquels la même pratique était proscrite dans l'étendue de plusieurs diocèses.

« O Dieu, qui par le bienheureux Moïse, etc..... puissent ainsi être repoussées au loin les embûches de notre ennemi, le fracas de la grêle, la tempête des tourbillons de vent et la furie des ouragans; que les tonnerres désastreux perdent de leur violence, etc.....

« O Dieu tout-puissant et éternel, etc..... faites que le son de cette cloche mette en fuite les traits de feu de l'ennemi des hommes, les coups de la foudre, la chute rapide des pierres, les désastres des tempêtes, etc..... »

La cause, toute religieuse, que nous venons d'assigner à la coutume de sonner les cloches en temps d'orage n'est peut-être pas la seule qu'on puisse citer; n'en aurai-je pas signalé une seconde, non moins puissante, en rappelant combien les hommes ont toujours éprouvé le besoin de s'étourdir par le bruit quand ils avaient peur? Voyez le poltron dans l'obscurité : il chante; voyez une ville en proie à la guerre civile, on y sonne le tocsin bien plus longtemps que cela eût été nécessaire comme signal, comme avertissement? Les peuples sauvages, dans toutes les régions du globe, poussent aussi des clameurs assourdissantes pour faire cesser l'éclipse de soleil ou de lune qui les effraie [1].

1. Il faut avouer qu'en prenant ainsi le bruit comme une sorte de panacée, on est arrivé à une découverte singulière que je consignerai ici sans aucun scrupule, malgré son peu de liaison avec la question du tonnerre; il suffira pour qu'on m'excuse que cette découverte puisse être utile.

Thomas Gage rapporte dans ses Voyages, que les populations américaines avaient recours à de grands bruits pour écarter un fléau moins redoutable en apparence que la foudre, mais en fait beaucoup plus destructeur.

Vers le milieu du siècle dernier, Gage se trouvait à Mixco, au-

J'emprunterai ce qu'on peut dire de plus spécieux, en point de fait, sur le danger qu'il y aurait à sonner les cloches pendant les orages, à un ancien volume des *Mémoires de l'Académie des sciences.* Durant la nuit du 14 au 15 avril 1718, dans l'espace compris entre Landerneau et Saint-Pol de Léon, en Bretagne, le tonnerre tomba sur vingt-quatre églises, et précisément, dit Fontenelle, sur celles où l'on sonnait pour l'écarter. M. Deslandes, qui transmit ces détails à l'Académie, ajoutait : « Des

dience de Guatimala, lorsqu'une épaisse nuée de sauterelles fondit sur ce canton et le menaça d'une ruine complète. Au lieu d'employer contre ces insectes les moyens compliqués et assez peu efficaces auxquels on a quelquefois recours dans le midi de la France, les magistrats firent prendre aux habitants, des tambours, des trompettes, des cors, etc.; la population tout entière s'avança ensuite vers le territoire envahi, en faisant retentir l'air du bruit de ces divers instruments. Le bruit suffit pour chasser les sauterelles. On les poussa ainsi jusqu'à la mer du Sud, où elles trouvèrent leur tombeau !

Ce moyen de chasser les sauterelles est également employé en Valachie, en Moldavie, en Transylvanie (*Transac. philos.*, p. 1749). Il y a très-peu d'années, des milliards de ces insectes ayant envahi la Bessarabie, le gouverneur militaire de la province mit en réquisition un grand nombre de paysans et de soldats; il les munit d'ustensiles de cuivre, de tambours, de trompettes, de porte-voix, etc., et les lança à la poursuite de l'animal dévastateur. Le gouverneur avait eu l'idée bizarre de donner le commandement de l'expédition au célèbre poëte et fabuliste russe Pouschkin, alors exilé à Kicheneff; le poëte déclina cet honneur : il voulait bien faire parler les bêtes, mais non pas les tuer !

Ces effets, sur les sauterelles, d'un bruit très-intense, en les supposant bien constatés, auraient infiniment plus de prix que celui dont les historiens des croisades ont voulu conserver le souvenir lorsqu'ils racontent qu'au siége de Ptolémaïs (Saint-Jean-d'Acre) l'armée des chrétiens faisait tomber de très-haut, par ses clameurs, les pigeons messagers qui, suivant la coutume orientale, portaient des avis aux troupes musulmanes assiégées.

églises voisines où l'on ne sonnait pas furent épargnées. »

L'observation a été rapportée d'une manière trop laconique. Les orages ravagent quelquefois de longues zones de terrain très-étroites; n'en fut-il pas ainsi en Bretagne? Les églises épargnées ne se trouvèrent-elles pas en dehors de la direction parcourue par les nuées orageuses? Dans les clochers où l'on sonnait, la mort ou les graves blessures des sonneurs constatèrent, sans aucune équivoque, la chute du météore; ailleurs, tout le dégât s'étant peut-être réduit à de légères lézardes dans les murs, ou à la chute de quelques plâtras, faudrait-il s'étonner qu'il n'eût point été remarqué? Quelles étaient, au surplus, les hauteurs comparatives des clochers foudroyés et des clochers non foudroyés, etc., etc.?

En présence de toutes ces incertitudes, l'observation de M. Deslandes n'a pas, on doit en convenir, le caractère d'une véritable démonstration; la science ne peut guère enregistrer la conséquence qu'on en a déduite qu'à titre de simple probabilité [1].

On argumenta beaucoup, en août 1769, contre l'usage de mettre les cloches en branle quand le tonnerre gronde, de la chute de la foudre sur le clocher de Passy, où l'on n'avait pas cessé de sonner; mais, toute vérification faite, il fut reconnu que, pendant la longue durée de l'orage, on ne sonnait pas avec moins d'ardeur à Auteuil et à

1. Les nombreux et graves désastres du 15 avril 1718, ne firent aucun tort à la réputation des cloches dans l'esprit du peuple bas-breton : le 15 avril 1718 était le vendredi saint; ce jour-là les cloches doivent rester muettes; fallait-il donc s'étonner, se dit-on, que ceux qui en les mettant en branle avaient enfreint un des préceptes de l'Église, en eussent été punis?

Chaillot, et cependant les clochers de ces deux communes, entre lesquels se trouvait compris le clocher foudroyé de Passy, n'éprouvèrent aucun dommage[1].

En résumé :

Dans l'état actuel de la science, il n'est pas prouvé que le son des cloches rende les coups de foudre plus imminents, plus dangereux; il n'est pas prouvé qu'un grand bruit ait jamais fait tomber la foudre sur des bâtiments que, sans cela, elle n'aurait point frappés.

Toutefois, il faut recommander fortement de ne pas mettre les cloches en branle, dans l'intérêt des sonneurs. Le danger qu'ils courent est, proportion gardée, celui des imprudents qui, en temps d'orage, se réfugient sous

1. En 1781, l'abbé Needham, de Bruxelles, crut avoir prouvé par des expériences de cabinet, que la sonnerie des cloches est absolument sans résultat, qu'elle ne fait ni bien ni mal.

M. Needham fit construire un simulacre de clocher en bois, de 1 mètre de haut, dans lequel il suspendit une cloche de 15 centimètres de diamètre, susceptible d'être mise en branle à l'aide d'une manivelle. Au sommet du clocher existait une boule métallique dont la communication avec le sol, ou, comme on dit dans les traités de physique, avec le *réservoir commun*, était convenablement établie. Cette boule fut placée en face de la boule toute semblable du conducteur d'une batterie électrique chargée à saturation. Quand la cloche ne sonnait pas, la distance explosive, la distance à laquelle l'étincelle s'élançait de la boule du conducteur sur la boule du clocher était de 7 millimètres. Eh bien, les deux boules ayant été placées à 14 millimètres, aucune étincelle, aucun écoulement de matière électrique ne parut avoir lieu entre elles, quoiqu'on sonnât la cloche fortement et rapidement.

« Je regarde cette expérience comme décisive », dit l'abbé Needham. Voyons, cependant, si quelques doutes ne seraient pas permis :

M. Needham ayant successivement opéré quand les deux boules se trouvaient à 7 et à 14 millimètres l'une de l'autre, était parfaitement en droit de conclure de ses résultats que le son de la cloche n'augmentait pas considérablement la facilité des décharges

de grands arbres. La foudre frappe les objets élevés, et surtout les sommets des clochers; la corde de chanvre attachée à la cloche, et ordinairement imbibée d'humidité, conduit la décharge jusqu'à la main du sonneur; de là tant d'accidents déplorables [1]. Remarquons que si la corde, sèche ou humide, ne touchait pas à terre, comme c'est ordinairement le cas, la matière fulminante, après être parvenue à l'anneau de son extrémité inférieure, pourrait bien en très-grande partie revenir sur ses pas, remonter au sommet du clocher et se dissiper dans l'espace. D'après cette vue, il ne serait point permis de conclure de l'absence de tout dégât à l'intérieur d'un clocher, qu'un sonneur n'y aurait pas été tué.

électriques, qu'il ne rendait point la distance explosive double; mais pour être autorisé à affirmer que le bruit n'avait absolument aucun effet, il aurait fallu, je crois, passer de la distance de 7 millimètres à la distance de 14 millimètres, non brusquement, comme le fit l'observateur de Bruxelles, mais par des nuances insensibles.

Les petites masses électrisées, les deux boules de cuivre que M. Needham mettait en présence, étaient l'une et l'autre des corps solides. Dans l'atmosphère, au contraire, nous voyons des nuages flottants que les vibrations de l'air pourraient assez modifier dans leur forme pour faire changer sensiblement la tension électrique de la face tournée vers la terre. L'expérience de M. Needham, dans son application possible aux sonneries en temps d'orage, aurait eu un grand prix si elle avait donné un résultat positif: avec une réponse négative elle me paraît être à peu près sans valeur météorologique.

1. Je joindrai encore le récit d'un de ces accidents à ceux qu'on a trouvés à la page 266, car de pareilles citations sont le meilleur moyen de guérir les sonneurs de cloches de leur dangereuse manie:

Le 31 mars 1768, la foudre étant tombée sur le clocher de Chabeuil, près de Valence en Dauphiné, y tua deux des jeunes gens qui s'y trouvaient réunis pour sonner les cloches, et en blessa grièvement neuf.

En remarquant la réserve que j'ai mise à m'expliquer sur l'utilité vraie ou imaginaire de sonner les cloches en temps d'orage, on sera étonné de voir l'assurance avec laquelle certaines autorités administratives se prononçaient à ce sujet. Je vois, en effet, dans un arrêté de M. de Marcillac, préfet de la Dordogne, en date du 1er juillet 1844, « que l'opinion suivant laquelle le son des cloches aurait la vertu d'écarter la foudre ou d'en paralyser les effets n'est fondée que sur la superstition, et que le moyen *doit infailliblement amener la chute du météore...* » On voit, par ce passage, que la fausse science n'est pas moins dangereuse que l'ignorance complète, et qu'elle conduit *infailliblement* à des conséquences que rien ne justifie.

CHAPITRE XLIV.

DES PARATONNERRES MODERNES.

Après avoir passé en revue la longue série de moyens à l'aide desquels les hommes ont successivement espéré pouvoir se garantir de la foudre, nous allons nous occuper des paratonnerres de notre époque, de ceux que Franklin a imaginés, et dont l'efficacité, quoi qu'on en ait pu dire, ne semble pas douteuse. Cette efficacité, au surplus, nous essaierons de la constater par le raisonnement et par le fait, sans rien emprunter, en ce moment du moins, aux théories modernes de l'électricité.

Toutes choses égales, la foudre en général se dirige de préférence sur les parties les plus élevées des édifices.

Ainsi, c'est dans ces parties que les moyens préservatifs, quels qu'ils soient, doivent être établis.

Toutes choses égales, la foudre se porte de préférence sur les métaux. Lorsqu'une masse de métal occupera le point culminant d'une maison, on sera donc à peu près certain que la foudre, si elle tombe, ira la frapper.

La foudre qui a pénétré dans une masse métallique, ne produit de dégâts qu'au moment de sa sortie et aux environs des points par lesquels cette sortie s'opère. Une maison sera donc garantie, du faîte aux fondations, si les pièces métalliques du toit se prolongent sans solution de continuité jusqu'à terre.

La terre humide offre à la matière fulminante dont une barre métallique s'est imprégnée, un écoulement facile, un écoulement qui s'opère sans effort, sans détonation, sans dégât d'aucune sorte, lorsque cette barre plonge un peu profondément dans la terre. En enfonçant jusqu'au sol toujours humide, la barre continue qui avait déjà préservé de tout dégât la portion extérieure d'un édifice, on préservera de même les fondations, ou en général l'ensemble des parties souterraines de la bâtisse.

Quand il y a sur le toit, sur le faîte d'un édifice plusieurs masses métalliques distinctes, complétement séparées les unes des autres, il est difficile et même impossible de dire laquelle de ces masses sera foudroyée de préférence; car le point de départ des nuées orageuses, le sens et la vitesse de leur propagation, ne doivent pas, à beaucoup près, être sans influence. Le seul moyen de sortir d'embarras est d'unir toutes ces masses entre elles par des tringles de fer, de cuivre, ou par des bandes de

plomb, de zinc, etc., de manière qu'on ne puisse dire d'aucune d'elles qu'elle ne communique point métalliquement, si l'expression m'est permise, avec la barre destinée à transmettre la foudre au sol humide, et qui descend le long d'un des murs verticaux de l'édifice.

Nous voilà arrivés, par la seule observation, sans rien emprunter à la théorie, à un moyen simple, uniforme et rationnel de garantir les bâtiments, grands et petits, des effets de la foudre. Chacun doit comprendre maintenant le mode d'action, l'office de la barre qui descend jusqu'à terre et s'y enfonce plus ou moins profondément; chacun comprend pourquoi cette barre a pris le nom de *conducteur*.

Sans quitter ce même sujet, nous allons revenir un moment sur nos pas, mais seulement pour examiner des questions de quantité et de forme.

A quelles distances des plaques de métal distribuées sur le toit d'un édifice doivent-elles être les unes des autres, pour qu'il y ait certitude qu'aucun point intermédiaire ne sera directement foudroyé? Cette question ne saurait recevoir une solution absolue. Il est clair, en effet, que plus ce métal aura de masse ou de surface, et plus sa sphère d'action sera étendue et intense. On peut affirmer seulement que si on établit les communications voulues entre les lames de plomb, de zinc, etc., qui, dans les bâtiments construits avec quelque soin, recouvrent presque toujours les arêtiers; entre les tuyaux métalliques des cheminées, entre les mains courantes et les crampons destinés aux couvreurs; entre les gouttières et les tuyaux de décharge des eaux; que si l'ensemble de ces pièces se

lie en outre avec un conducteur convenable, on aura fait tout ce que la prudence la plus timide pouvait commander pour se garantir de la foudre.

Par conducteur convenable, j'entends d'une part celui qui s'enfonce dans le sol jusqu'au terrain humide, et de l'autre un conducteur assez massif pour transmettre les plus violents coups de foudre sans se fondre.

Les adversaires des paratonnerres ont beaucoup argumenté, contre ces appareils, de l'ignorance où l'on est, de l'ignorance où l'on restera peut-être longtemps encore touchant le maximum d'effet qu'un coup de foudre peut produire, touchant dès lors le maximum de dimension qu'il faut donner aux conducteurs. La difficulté, quoique réelle, n'a vraiment rien qui doive arrêter aujourd'hui. Si la dimension des conducteurs est empruntée à l'expérience, si celle qu'on adopte a résisté aux plus violents coups de foudre que les hommes aient enregistrés depuis trois ou quatre siècles, que peut-on raisonnablement exiger de plus? De quoi s'inquiète l'ingénieur, quand il arrête la hauteur et la largeur des arches d'un pont, de la voûte d'un aqueduc, de la section d'un égout, etc.? Il compulse les archives de la science, il se tient quelque peu en dessus des dimensions qui lui sont dictées par les plus fortes crues, par les plus abondantes pluies qu'on ait jamais observées; il remonte ainsi la chaîne des temps le plus loin que faire se peut, mais sans se préoccuper des bouleversements, des révolutions physiques, des cataclysmes, antérieurs aux époques historiques, dont les seuls géologues sont parvenus à saisir les traces et à mesurer l'importance. Le constructeur de

paratonnerres ne saurait être tenu à plus d'attentions, à plus de prévoyance.

Les paratonnerres actuels ne se composent pas seulement de conducteurs en communication immédiate avec des masses métalliques qui, dans tout état de choses, auraient formé une partie intégrante des édifices, qui seraient nécessairement entrées dans leur construction. Les masses métalliques préservatrices auxquelles le conducteur aboutit sont des tiges élancées, placées *ad hoc* sur le faîte des bâtiments; on les termine même ordinairement par des pointes inoxydables et très-effilées. De grands avantages résultent de ces dispositions, de ces formes particulières. Cherchons à les mettre en évidence.

Supposons que le conducteur d'un de ces paratonnerres formés, comme nous venons de le dire, de tiges métalliques élancées et pointues, soit brisé en un point de son trajet, et que l'intervalle compris entre les deux bouts de métal en présence puisse être à volonté étendu et resserré. En temps d'orage, cette lacune, cette solution de continuité du métal, devient le siége de curieux phénomènes.

Donnez à la lacune une amplitude de 2 à 3 millimètres seulement, et pendant tout le temps que le tonnerre grondera au-dessus de votre tête, vous la verrez remplie d'une lumière légèrement sifflante. Quand les deux bouts du conducteur en présence seront écartés de plusieurs centimètres, la lumière n'ira plus du bout supérieur au bout inférieur que par intermittences : des jets instantanés remplaceront la flamme continue; mais, en revanche, au lieu des légers sifflements de tout à l'heure, vous

entendrez des détonations bruyantes comme des coups de pistolet[1].

En quoi consiste la matière qui s'élance ainsi de l'extrémité supérieure de la lacune du conducteur sur l'extrémité inférieure?

La matière fulminante s'écoule quelquefois sans détonation; elle engendre des lumières continues (Castor et Pollux) dont l'apparition est seulement accompagnée d'un léger sifflement; il en est exactement de même de la matière dont l'écoulement se fait à travers la lacune du conducteur.

Supposons une émission subite de lumière, et il y aura détonation dans la lacune du conducteur, tout comme quand la foudre éclate au milieu des nuages.

La matière de la foudre fond les métaux; la matière qui traverse le conducteur liquéfie également les fils déliés qui se trouvent sur son passage.

L'étincelle émanant du conducteur transforme un mélange d'oxygène et d'azote en acide nitrique; nous avons vu que la foudre engendre aussi cet acide en traversant l'atmosphère.

1. Si des expériences *ad hoc* n'avaient pas depuis longtemps constaté la réalité de ces phénomènes, le hasard les aurait aussi fait découvrir. Dernièrement, le capitaine Winn, commandant d'une frégate anglaise, remarqua, au moment d'un orage, qu'il y avait, par accident, dans le conducteur de son paratonnerre une solution de continuité d'environ 25 millimètres; tant que l'orage dura, c'est-à-dire pendant deux heures et demie, l'intervalle en question resta couvert d'étincelles vives et presque continuelles.

Déjà les traités de météorologie faisaient anciennement mention d'un vaisseau anglais dont le conducteur était aussi interrompu et sur lequel l'équipage, pendant trois heures consécutives, vit avec effroi un jet de flamme remplir tout l'espace où le métal manquait.

Un coup de foudre donne des pôles aux barreaux d'acier; il renforce, détruit ou renverse souvent les pôles dont ces barreaux avaient été antérieurement doués par les procédés ordinaires de l'aimantation; tout cela s'exécute à volonté, à l'aide des étincelles intermittentes du conducteur; les changements d'effet (renforcement ou renversement) dépendent exclusivement de la situation de l'aiguille par rapport à l'étincelle.

Les coups fulminants tuent les hommes et les animaux; quand les deux bouts du conducteur sont très-éloignés, quand l'étincelle doit être très-longue et que dans sa course elle se dévie, malheur à l'homme qu'elle va frapper; malheur surtout, lorsque la partie inférieure du conducteur est supprimée, à ceux qui par leur position peuvent la remplacer et en faire l'office [1].

Tant de points de ressemblance ne permettent guère

1. Il ne sera pas hors de propos de placer ici une description succincte du conducteur interrompu à côté duquel le célèbre physicien Richmann fut tué à Pétersbourg, le 6 août 1753.

Qu'on imagine une bouteille de verre ordinaire dont le fond sera percé, et à travers laquelle passera une tringle en fer maintenue par des bouchons en liége.

Qu'on adapte verticalement cette bouteille à un trou pratiqué sur le toit d'une maison, de manière que l'extrémité supérieure de la tringle dépasse d'un mètre et demi la surface du toit, et que l'extrémité opposée soit comme suspendue au milieu de l'appartement situé sous le toit.

A cette extrémité inférieure sera attachée une chaîne métallique.

Cette chaîne se prolongera jusqu'à l'étage où est situé le cabinet du physicien, non pas en ligne droite, mais en faisant plusieurs détours commandés par les localités. Nulle part, dans sa course, la chaîne ne touchera les murs ou la bâtisse. Partout où besoin sera, elle s'en trouvera séparée par des plaques de verre ou par des couches épaisses de cire d'Espagne.

de douter que la matière lumineuse, sifflante, détonante, de la lacune du conducteur, que la matière capable d'opérer des fusions, d'engendrer des combinaisons chimiques, d'aimanter et de désaimanter des aiguilles d'acier, de tuer des hommes et des animaux, ne soit autre chose que de la matière fulminante enlevée aux nuages orageux par l'intermédiaire de l'appareil. Les paratonnerres, tels qu'on les construit aujourd'hui, ont donc, outre la propriété que nous leur avons déjà reconnue, celle de dépouiller peu à peu les nuées orageuses de la matière fulminante dont elles sont chargées, de la conduire silencieusement, par l'intermédiaire du conducteur, dans les entrailles de la terre.

Supposons que la matière fulminante accumulée dans les nuages ne soit pas susceptible d'une régénération subite, et il en résultera que les paratonnerres doivent diminuer l'intensité des orages, le nombre, la force et la gravité des coups foudroyants.

Dans le cabinet, la chaîne descendra verticalement du milieu du plafond, à travers une ouverture à parois vitreuses.

L'ensemble de ces dispositions et surtout l'emploi des matières isolantes, devaient avoir et avaient en effet pour résultat de concentrer la matière fulminante dans l'appareil, d'empêcher qu'elle s'échappât autrement que par le conducteur dont Richmann faisait usage et que de temps à autre il approchait de l'extrémité de la chaîne pendante afin d'en tirer des étincelles.

Eh bien, le 6 août 1753, pendant que le savant professeur disposait ses moyens d'observations, une langue de feu bleuâtre se détacha du bout de la chaîne, produisit une détonation semblable à celle d'un coup de pistolet, et alla droit à la figure de Richmann, en parcourant une distance de 3 décimètres au plus. Richmann tomba raide mort sur le coup. Le graveur Sokolow, qui se trouvait à côté de lui, tomba aussi, mais il revint à la vie après un évanouissement de quelques instants.

Je vais au-devant d'une difficulté que pourraient faire ceux qui n'ont pas de notions suffisantes de la physique moderne. Nous nous sommes servi de conducteurs en certains points desquels il y avait des solutions de continuité; est-il démontré que des conducteurs continus ont aussi le privilége de s'imprégner de la matière fulminante des nuages et de la transmettre au sol?

L'affirmative n'est pas douteuse; mais ici nous ne pouvons pas recourir à des preuves empruntées aux sens de la vue et de l'audition, puisque tout se passe sans développement de lumière et en silence. Veut-on cependant s'assurer qu'en temps d'orage le conducteur continu transmet quelque chose? qu'on en approche transversalement une aiguille, et elle s'aimantera tout comme elle le faisait sous l'action des étincelles remplissant la lacune. On n'a qu'à diminuer suffisamment sa masse, sans cependant le briser en aucun point, et une auréole de lumière sifflante l'entourera quelquefois dans toute sa longueur. Quand l'orage est très-fort, cette lumière apparaît, sans même que la masse habituelle du conducteur ait besoin d'être amoindrie.

Ainsi munie des nouveaux paratonnerres de M. Harris, dans lesquels le conducteur ordinaire des navires est remplacé par un poids égal de cylindres de cuivre mince qui enveloppent exactement les mâts et font corps avec eux, la frégate anglaise *Dryad* se trouva plusieurs fois exposée sur la côte d'Afrique aux violents orages que les navigateurs appellent *tornados*. La matière fulminante descendait alors le long de ces tuyaux de cuivre continus en telle quantité, qu'elle donnait naissance à une sorte d'atmo-

sphère lumineuse et à un bruit semblable à celui de l'eau qui bout très-fortement.

Parvenus à ce point, nous pourrons étudier l'influence de l'isolement, de la hauteur et de la forme de la tige de fer supérieure ou du paratonnerre proprement dit. La mesure de cette influence sera le nombre d'étincelles qui traverseront une lacune donnée du conducteur, dans des circonstances atmosphériques données et dans un temps également donné.

Le nombre de ces étincelles s'accroît rapidement quand la hauteur de la tige augmente ; il diminue, au contraire, très-vite, lorsqu'à égalité de hauteur la tige est entourée et, à plus forte raison, dominée par des objets peu éloignés ; il ne peut donc pas y avoir le moindre doute sur la convenance d'employer des paratonnerres très-hauts et de les placer sur des points culminants des édifices : c'est ainsi qu'on donne tout le développement possible à la faculté dont ces appareils jouissent d'atténuer l'intensité des orages.

L'influence des formes semblait plus difficile à constater. Les uns voulaient que la tige se terminât en boule ; d'autres, d'après Franklin, préconisaient les pointes très-aiguës ; une expérience que, par parenthèse, je ne vois citée nulle part, éclaircira la question.

En 1753, Beccaria établit sur le toit de San-Gioanni-di-Dio, à Turin, une barre de fer qui était maintenue vers le bas par des arcs-boutants formés de ces substances particulières qui transmettent difficilement la foudre. A une petite distance de l'extrémité inférieure de cette barre de fer commençait le conducteur. La partie la plus

élevée de la barre portait une pointe métallique rotative qu'on pouvait, à volonté, tourner vers le ciel ou du côté de la terre, en tirant seulement un cordon de soie.

La pointe étant renversée, l'appareil ne donnait pas d'étincelles; on dirigeait subitement la pointe vers le ciel, peu d'instants après les étincelles paraissaient; on tournait de nouveau la pointe vers la terre, plus d'étincelles.

Dans certaines circonstances atmosphériques, l'appareil donnait des étincelles quelle que fût la position de la pointe; mais alors même on voyait facilement que ces étincelles étaient plus fortes et plus fréquentes lorsque la pointe était en haut que lorsqu'elle était en bas.

Cette expérience (il serait bien utile de la répéter) montre, sans équivoque, combien une tige pointue a plus d'action qu'une tige obtuse pour enlever graduellement aux nuées orageuses la matière fulminante dont elles sont chargées. Elle semble devoir trancher définitivement, en faveur des paratonnerres en pointe, le procès qui, vers le milieu du dernier siècle, eut tant de retentissement, et auquel, en haine de Franklin, le roi d'Angleterre lui-même prit une part active.

Ici viendra encore se placer une question de quantité. La matière fulminante que les paratonnerres en pointe soutirent aux nuées est-elle considérable? Peut-il résulter de cette action un affaiblissement sensible des orages? Là où il y aura beaucoup de paratonnerres, les coups de foudre seront-ils moins à redouter? Des expériences de Beccaria m'ont fourni les éléments nécessaires pour éclaircir, je crois, tous ces doutes.

Cet habile physicien avait dressé à Turin, sur deux points du palais de Valentino fort éloignés l'un de l'autre, deux gros fils métalliques rigides, maintenus en place à l'aide de corps de certaines natures que les physiciens appellent corps isolants. Chacun de ces fils était peu éloigné d'un autre fil métallique; mais celui-ci, au lieu d'être isolé, descendait le long du mur du bâtiment jusqu'au sol, où il s'enfonçait assez profondément. Le premier fil, comme on voit, était le paratonnerre; le second, le conducteur. Eh bien, en temps d'orage, de vives étincelles, je pourrais dire des éclairs de la première espèce, jaillissaient sans cesse entre les fils isolés supérieurs et les fils inférieurs non isolés. L'œil et l'oreille suffisaient à peine à saisir les intermittences : l'œil n'apercevait aucune interruption dans la lumière; l'oreille entendait un bruit à peu près continu.

Aucun physicien ne me démentira, quand je dirai que chaque étincelle prise isolément eût été douloureuse; que la réunion de dix aurait suffi pour engourdir le bras; que cent eussent peut-être constitué un coup foudroyant. Cent étincelles se manifestaient en moins de dix secondes; ainsi, chaque dix secondes, il passait d'un fil au fil correspondant une quantité de matière fulminante capable de tuer un homme; en une minute six fois autant; en une heure soixante fois plus qu'en une minute. Par heure, chaque tige métallique du palais de Valentino arrachait donc aux nuées, en temps d'orage, une quantité de matière fulminante capable de tuer 360 hommes. Il y avait deux de ces tiges : le chiffre 360 doit donc être doublé; nous voilà déjà au nombre 720. Mais le Valen-

tino se composait de sept toits pyramidaux, recouverts de feuilles de métal communiquant avec des gouttières également métalliques qui s'enfonçaient dans la terre. Les sommets de ces pyramides étaient pointus; ils s'élevaient plus dans les airs que les extrémités des deux lignes sur lesquelles Beccaria opérait. Tout autorise donc à supposer que chaque pyramide soutirait aux nuages autant de matière, au moins, que les minces tiges en question. Sept, multiplié par 360, donne 2,520; et si l'on ajoute les 720 des deux tiges, on trouve 3,240. En cavant tout au plus bas, en supposant que le Valentino agissait seulement par ses pointes, que le reste du bâtiment était absolument sans action, nous n'en trouverons pas moins, pour ce seul édifice, que la quantité de matière enlevée à l'orage dans le court espace d'une heure eût suffi pour tuer plus de trois mille hommes.

Il est des physiciens qui tout en accordant que les paratonnerres sont utiles, qu'ils ne peuvent manquer de recevoir les coups foudroyants dont les maisons auraient eu tant à souffrir, de les conduire, de les disséminer sans dommage dans les entrailles de la terre, nient que leur action graduelle et silencieuse ait une grande utilité. Les chiffres auxquels je suis arrivé me semblent devoir les détromper. Ce point est, au reste, trop important, pour que je ne l'envisage pas sous d'autres aspects.

J'ai dit plus haut comment périt Richmann. Si à l'instant où le malheur arriva, il fût parti des nuages orageux un coup de foudre dirigé vers la tige métallique du toit, l'événement, quant à ses conséquences physiques, ren-

trerait dans la classe très-nombreuse de ceux où des hommes ont été tués à côté de barres métalliques interrompues, je veux dire de barres qui n'étaient pas en communication immédiate avec la terre; mais ici tout annonce qu'il n'y eut pas de coup foudroyant extérieur [1]; ici, la barre qui s'élevait sur le toit de la maison de Richmann à 1m.50 seulement de hauteur, la chaîne, la tringle inférieure, s'étaient silencieusement chargées de la matière de la foudre; elles avaient peu à peu, et non d'une manière brusque, enlevé cette matière aux nuages; et la quantité soutirée ainsi s'était trouvée suffisante pour tuer un homme, pour en renverser un second sans connaissance, pour fondre une certaine longueur de tringle de fer, pour produire dans plusieurs pièces de l'appartement du célèbre physicien de Pétersbourg de notables dégâts.

En présence de ces faits, j'attache peu de prix, je l'avoue, aux considérations théoriques d'après lesquelles on prétend réduire à des atomes la matière fulminante que les paratonnerres peuvent arracher aux nuages. Ces atomes, puisque atomes il y a, auraient en tout cas la force d'enfoncer les portes, de briser et de déplacer les meubles, de lézarder fortement les murs et de tuer les hommes.

Si les paratonnerres, disent les dissidents, ont la faculté

1. Dans une relation publiée par M. Lomonosow quelque temps après la mort de Richmann, il était question de traits de feu que plusieurs voisins du savant physicien virent se diriger des nuages sur la barre du toit au moment même où le malheur arriva. Ces observations pourraient être contestées; en tout cas, personne n'a prétendu avoir vu et entendu un véritable coup de tonnerre.

d'enlever aux nuées la matière fulminante dont elles sont imprégnées, comment éclate-t-il des orages au-dessus des villes où ces appareils abondent?

La réponse est facile. Les paratonnerres s'approprient une partie de la matière fulminante des nuées; personne n'a prétendu qu'ils les en dépouillassent entièrement. Une pareille opinion serait d'autant moins justifiable, que les nuages orageux paraissent être dans une sorte de solidarité; que d'ordinaire l'état fulminant d'un d'entre eux (qu'on me passe l'expression) ne peut être changé, qu'au même instant tous les autres nuages ne s'en ressentent jusqu'aux plus grandes distances. Voici comment ce fait capital est mis en évidence.

Reprenons le paratonnerre à conducteur brisé. Le temps est à l'orage. Des étincelles d'une certaine vivacité viennent de temps à autre remplir la lacune. Eh bien, presque tous les coups de tonnerre, forts ou faibles, voisins ou éloignés, amènent une altération subite [1] dans le nombre et dans la vivacité des étincelles. Le moment de cette altération coïncide à peu près exactement avec celui de l'apparition de l'éclair. Si le nuage orageux d'où le tonnerre est parti se trouve fort éloigné, l'affaiblissement des étincelles peut ainsi précéder d'une demi-minute, de trois quarts de minute, d'une minute entière et même de plus, le moment où le bruit du tonnerre arrive à l'oreille de l'observateur.

1. Lorsque cette altération est étudiée à l'aide d'un instrument connu des physiciens sous le nom d'électromètre, les changements sont accusés avec une instantanéité remarquable, et ils peuvent de plus être mesurés.

Toaldo parle d'un orage du 28 septembre 1773, qui embrassait simultanément l'espace compris entre Padoue, Trévise, Venise, et s'étendait bien au delà, qui dura plus de six heures, qui, pendant cette durée et partout où il régna, mettait le ciel tout en feu. Supposons que les diverses régions de cette immense nappe de nuages se trouvaient dans une certaine dépendance; que l'état fulminant de chaque partie était lié à l'état fulminant moyen de l'ensemble, et personne ne pourra imaginer que les quelques paratonnerres renfermés dans l'enceinte de la ville de Padoue exerçaient une action assez puissante pour rendre partout les coups de foudre impossibles. Quand, au contraire, les nuées orageuses occupent un espace restreint, et aussi dans certaines répartitions spéciales de la matière fulminante à leur surface, les effets amortissants d'un très-petit nombre de paratonnerres peuvent être prompts et efficaces. Plusieurs physiciens, entre autres Toaldo, assurent avoir vu deux fois à Nymphenbourg, en Allemagne, des nuées orageuses d'où partaient incessamment les plus vifs éclairs, s'avancer vers le château et n'être plus, après avoir dépassé les paratonnerres, que des nuées orageuses, que des nuées où n'apparaissait aucun jet lumineux, que des charbons éteints, car c'est l'expression dont Toaldo s'est servi.

En 1785, M. Cosson, curé de Rochefort, écrivait à l'abbé Bertholon que, le 4 décembre, un nuage « qui jetait beaucoup d'éclairs, et dans lequel grondait le tonnerre, devint tranquille et ne donna plus que quelques lueurs assez faibles aussitôt après que le vent d'ouest l'eut fait passer au-dessus du paratonnerre de l'église. » Les vives

aigrettes qui brillaient à la pointe du paratonnerre de Rochefort montraient clairement qu'il exerçait une forte action; cependant, en l'absence de la déclaration du curé, nous n'aurions pas osé affirmer qu'un seul paratonnerre avait suffi pour enlever presque complétement au nuage son caractère orageux.

La propriété des paratonnerres, à laquelle nous venons de consacrer tant de pages, est d'autant plus développée que leur tige a plus de hauteur. Rien ne le prouve mieux que les nombreuses expériences faites avec des cerfs-volants, et, dans ce genre, rien n'a approché des résultats obtenus à Nérac par notre compatriote de Romas.

Cet intrépide physicien lança dans les airs, à des hauteurs de 130 à 160 mètres (4 à 500 pieds), un cerf-volant dont la corde était, comme les grosses cordes de violon, entourée d'un fil métallique. Pendant un orage très-médiocre, à peine accompagné de quelques légers coups de tonnerre, Romas tira de l'extrémité inférieure de la corde de son appareil, non plus de simples étincelles, mais des lames de feu de 3 mètres à 3m.25 (9 à 10 pieds) de longueur et de 27 millimètres (1 pouce) de grosseur. Ces lames faisaient autant de bruit qu'un coup de pistolet. En moins d'une heure, Romas en tira trente, sans compter un millier d'autres de la longueur de 2m.25 (7 pieds) et au-dessous.

Le physicien de Nérac remarqua plusieurs fois que, pendant la durée de ses expériences, les éclairs et le tonnerre cessaient totalement. Le docteur Lining (de Charlestown) et M. Charles, quoique ayant opéré moins

en grand, transformèrent aussi des nuages orageux en nuages ordinaires.

CHAPITRE XLV.

DES PARAGRÊLES.

Les observations rapportées dans le chapitre précédent ouvraient une large et brillante carrière dans laquelle il est regrettable qu'on ne soit pas entré. La formation de la grêle semble incontestablement liée à la présence dans les nuages d'une abondante quantité de matière fulminante. Soutirez cette matière, et la grêle ne naîtra point, ou bien elle restera à l'état rudimentaire, et vous ne verrez plus tomber sur la terre que du grésil inoffensif. Doute-t-on des grands avantages que l'agriculture retirerait, dans certains pays, de la disparition des orages à grêle? Voici ma réponse : En 1764, un habitant éclairé du midi de la France écrivait ces lignes dans l'*Encyclopédie :* « Il n'y a pas d'année où la grêle ne ravage la moitié, quelquefois les trois quarts des diocèses de Rieux, Comminges, Conserans, Auch et Lombez. » Le seul orage du 13 juillet 1788 frappa en France mille trente-neuf communes. Une enquête officielle porta le dégât à 25 millions de francs.

Je sais très-bien que la manœuvre du cerf-volant n'est pas exempte de danger; que l'orage naît, se développe, se fortifie par un temps généralement calme; que le vent à l'aide duquel l'appareil pourrait être lancé dans les airs ne commence à souffler qu'au moment où la pluie et la grêle tombent déjà, etc. Aussi n'est-ce pas de cerfs-volants

qu'on devrait, suivant moi, se servir. Je voudrais qu'on employât des aérostats captifs pour cette grande et belle expérience; je voudrais qu'on les fît monter beaucoup plus haut que les cerfs-volants de Romas. Si en dépassant d'une centaine de mètres la couche atmosphérique où s'arrêtent ordinairement les extrémités des paratonnerres, de petites aigrettes deviennent des langues de feu de 3 à 4 mètres de long, que n'arriverait-il pas lorsque tout le système, suivant les circonstances, s'étant élevé trois, quatre... dix fois plus, irait presque effleurer la surface inférieure des nuées; lorsque aussi, et cette particularité a de l'importance, la pointe métallique soutirante qui serait en communication avec la longue corde demi-métallique faisant les fonctions de conducteur, étant fixée vers la partie supérieure du ballon, se présenterait aux nuages à peu près verticalement ou dans la position d'un paratonnerre ordinaire. Il n'y a rien de trop hasardé à supposer que, par ce système, on parviendrait à faire avorter les plus forts orages. En tout cas, une expérience qui intéresse si directement la science et la richesse agricole du pays mérite d'être tentée. Si l'on se servait de ballons de dimensions médiocres, la dépense serait certainement inférieure à celle de tant de décharges de boîtes, de canons, que s'imposent aujourd'hui, sans aucun fruit, les pays de vignobles.

C'est surtout dans les vignobles de la Bourgogne que les ravages occasionnés par la grêle sont considérables; on calcula, en 1847, que les deux petites communes de Vaux et d'Arbuissonas avaient perdu, par l'action du météore, des récoltes dont la valeur dépassait un million

et demi. Aussi, dès l'apparition de l'annuaire de 1838, des propriétaires des départements de Saône-et-Loire et de la Côte-d'Or témoignèrent-ils le désir de se réunir pour mettre en pratique le moyen que j'avais proposé. M. Berthelier de Chaussailles voulut bien me consulter sur les moyens de vaincre les obstacles qui devaient se présenter pour la réalisation de ce projet. Les doutes qui se sont élevés depuis sur l'origine électrique de la grêle, les difficultés qu'on a opposées à la théorie de Volta, m'ont prouvé qu'il fallait commencer par l'examen de la question météorologique. Mais cet examen, je n'ai pas eu, dans le pays que j'habite, occasion de le faire d'une manière entièrement satisfaisante. Lorsque la science aura dit son dernier mot à ce sujet, on pourra revenir, s'il y a lieu, à l'idée de transformer, à l'aide de ballons armés de pointes métalliques, les nuages orageux en nuages inoffensifs, et réaliser ainsi une expérience éminemment profitable à l'agriculture.

CHAPITRE XLVI.

DE LA SPHÈRE D'ACTION DES PARATONNERRES.

Dans quelle étendue un paratonnerre bien construit exerce-t-il avec efficacité son action préservatrice? A quelle distance de la tige, mesurée dans le sens horizontal, peut-on avoir la presque certitude de n'être point foudroyé?

Cette question, dont l'importance ne saurait être niée, n'a pas été, je crois, étudiée avec tout le soin convenable.

Guidé par de vagues analogies, J.-B. Leroy, qui s'est

tant occupé de la construction des paratonnerres, disait, en 1788, qu'une tige de 4 à 5 mètres de hauteur fixée au faîte d'un édifice, défend tout autour d'elle un cercle de 16 mètres de rayon. D'après cela, l'action préservatrice irait horizontalement et dans tous les sens, à plus de trois fois la hauteur de la tige du paratonnerre au-dessus de la bâtisse à laquelle il est fixé.

La section de physique de l'Académie des sciences restreignit cette limite. En 1823, consultée par le ministre de la guerre, elle parut adopter l'opinion de M. Charles; elle admit, mais sans dire sur quelles bases, qu'un paratonnerre protége autour de lui un espace circulaire d'un rayon égal au double de sa hauteur.

Une aussi imposante autorité devait entraîner l'assentiment public. Aussi les auteurs des traités de physique et de météorologie les plus récents, d'accord avec la commission académique, donnent-ils généralement à la zone circulaire qu'un paratonnerre protége complétement, un rayon double de la hauteur de la tige.

Admettons que cette fixation soit exacte pour une tige de paratonnerre implantée sur un édifice ordinaire de pierre de taille et de moellon, ou sur un comble commun en charpente recouvert de tuiles ou d'ardoises. En sera-t-il de même si de fortes masses de métal sont entrées dans la construction du comble ou de l'édifice? Personne assurément n'oserait le soutenir.

Un paratonnerre, dit-on, ne protége un toit ou une terrasse, que dans une étendue égale au double de la hauteur qu'il a au-dessus de ce toit ou de cette terrasse. Sa sphère d'action est-elle aussi restreinte, quand on la

rapporte à un niveau différent et inférieur; quand on veut la mesurer sur le sol, par exemple? Ou bien, le paratonnerre situé au sommet d'un clocher, protége-t-il à terre un cercle qui serait décrit avec un rayon double de la somme des hauteurs du clocher et du paratonnerre? Ces questions importantes paraissent avoir à peine été posées. Voici quelques chiffres qui, sans les résoudre entièrement, pourront guider les constructeurs.

Le 15 mai 1777, la foudre frappa le magasin à poudre de Purfleet, à 5 lieues de Londres, malgré le paratonnerre que Franklin, Cavendish, Watson, etc., y avaient fait établir.

Le météore tomba sur un crampon en fer qui à l'aide d'une soudure en plomb unissait deux dalles de la corniche dont l'édifice était entouré à la base du toit. De là il s'élança sur un tuyau de décharge et le suivit jusque dans l'eau d'un puits, sans autre dégât que la rupture de la pierre qui se trouvait interposée entre le crampon et le tuyau.

Je trouve sur les figures à échelle qui représentent le bâtiment, que la pointe du paratonnerre était à 7m.92 de hauteur au-dessus du niveau des dalles de la corniche; que la distance horizontale comprise entre le prolongement vertical du paratonnerre et le crampon foudroyé, n'était que de 7m.31.

Ainsi le paratonnerre, loin d'avoir garanti, à la base du toit, un espace circulaire d'un rayon égal au double de sa hauteur au-dessus de la corniche, n'avait pas même étendu cette action préservatrice jusqu'à une distance égale à la simple hauteur.

Le paratonnerre s'élevait de 3m.35 au-dessus de la pointe du toit où on l'avait planté. Le double de cette quantité, ou 6m.70, laisserait le crampon à 0m.61 en dehors du cercle d'action du paratonnerre, si à tous les étages d'un édifice le rayon de ce cercle était, comme on l'admet, le double de la hauteur de la tige au-dessus de la portion de bâtisse qui en supporte la base. Ainsi, des deux moyens de déterminer le cercle d'action d'un paratonnerre que nous nous étions proposé d'examiner, l'un, celui qui restreint le plus cette action, n'est pas infirmé par l'événement de Purfleet; l'autre lui est directement contraire, sur quoi, cependant, il importe de remarquer, et que la pointe de la tige de ce magasin n'était pas bien aiguë, et que l'amplitude d'action vient d'être mesurée relativement à un cordon de pierres de taille parsemé de crampons métalliques.

Le 17 juin 1774, la foudre tomba à Tenterden (Kent), sur une des quatre cheminées de la maison de M. Haffenden, quoiqu'une d'entre elles fût surmontée d'un paratonnerre. Celle que la foudre démolit, se trouvait entourée à quelque distance de gouttières en plomb; elle était éloignée de 15m.24 de la tige pointue; la pointe, d'ailleurs, ne dépassait le niveau des sommets des quatre cheminées, que de 1m.52; ainsi, la distance était dix fois plus grande que la hauteur du paratonnerre au-dessus du point foudroyé. Le coup si souvent cité de Tenterdeen, n'a donc rien de contraire aux opinions régnantes. Ajoutons que le conducteur n'était pas d'une forme et d'une construction entièrement irréprochables.

Un violent coup de foudre atteignit la vaste maison

des pauvres de Heckingham (comté de Norfolk), le 17 juin 1781, malgré les huit paratonnerres dont elle était armée. Le point que le météore frappa d'abord se trouvait situé à un des angles inférieurs du comble. Une large plaque de plomb le recouvrait.

De ce point au paratonnerre le plus voisin la distance horizontale était de 17^{m}.76. La sommité aiguë de la tige ne s'élevait pas au-dessus du niveau du point foudroyé de plus de 6^{m}.70 : c'était moins que la moitié de la distance horizontale, du point que la foudre frappa au prolongement de la verticale de la tige ; le point était donc en dehors du cercle que, d'après les opinions reçues, le paratonnerre pouvait protéger efficacement. Ici encore, on était en droit d'observer que les conducteurs ne se terminaient pas dans un sol suffisamment humide.

Le docteur Winthrop, de New-Cambridge, rapporte qu'un arbre fut frappé par la foudre et sillonné dans toute sa longueur, quoiqu'il ne se trouvât éloigné horizontalement que de 16 mètres du paratonnerre établi sur le clocher d'une église.

Si le clocher dépassait le sommet de l'arbre de 8 mètres ou plus, comme il paraît naturel de le croire, le fait cité par le docteur Winthrop serait directement contraire à l'idée que le rayon d'action d'un paratonnerre doit être mesuré par le double de la hauteur verticale absolue de la pointe de la tige au-dessus de chaque objet.

Une écurie appartenant à William Littelton, gouverneur de la Caroline du Sud, fut frappée par la foudre et très-fortement endommagée, quoiqu'elle ne se trouvât

qu'à 18 mètres d'une maison armée d'un bon paratonnerre.

Cette relation ne faisant connaître ni la hauteur du point foudroyé, ni celle du paratonnerre, on n'en peut rien déduire touchant le rayon d'action de ces appareils.

Je rapporterai un second fait qui n'est pas non plus assez circonstancié ; mais les objets existent encore, et rien n'empêchera qu'on ne remplisse les lacunes.

La tour de l'église de Saint-Michel, Cornhill, à Londres, est surmontée d'un excellent paratonnerre; cela n'empêcha pas la foudre de tomber sur la couverture en plomb qui revêt le sommet du clocher de Saint-Pierre, quoique celui-ci soit considérablement plus bas et que sa distance à la tour de Saint-Michel ne surpasse pas 61 mètres.

Il manque ici la hauteur verticale de la pointe du paratonnerre du clocher de Saint-Michel, au-dessus de la couverture en plomb du clocher de Saint-Pierre. Si cette hauteur n'est pas de 31 mètres, comme on doit le supposer, l'événement n'infirmera point la règle d'après laquelle le rayon d'action devrait se mesurer sur le double des hauteurs relatives.

En résumé, on est autorisé, par l'ensemble de tous ces faits, à porter l'amplitude de l'action préservatrice des paratonnerres implantés sur les parties culminantes des édifices au double de la hauteur des tiges, au-dessus de leurs points d'attache. L'événement de Purfleet lui-même confirme cette détermination.

Pour garantir un grand bâtiment, il faudra donc l'armer de plusieurs paratonnerres. Moins les tiges auront

de hauteur, et plus elles devront être multipliées. Leur nombre sera suffisant lorsqu'il n'y aura sur un comble, sur une terrasse, etc., aucun point dont la distance horizontale à la tige la plus voisine soit plus grande que le double de la hauteur de cette tige au-dessus de sa base.

Cette règle étant une déduction logique des faits, on a peine à concevoir comment, dans la construction des paratonnerres, Franklin a paru se préoccuper si peu de considérations de hauteur. Tout ce qu'il exigeait, c'est que les pointes dépassassent un peu les sommets des cheminées. Je vois aussi la hauteur des tiges fixée à 3 mètres dans une note qui porte les signatures de Cavendish, de Priestley, de lord Mahon, de Nairne, de Watson, etc. En France, les constructeurs vont jusqu'à 10 mètres, et ils ne se sont même arrêtés là que par des motifs de solidité. Entre ces deux sortes de dimensions, le choix ne saurait aujourd'hui être douteux.

CHAPITRE XLVII.

LES PARATONNERRES IMPLANTÉS HORIZONTALEMENT OU DANS DES DIRECTIONS TRÈS-INCLINÉES SUR L'ENTABLEMENT DES ÉDIFICES, SONT-ILS UTILES?

Toutes circonstances égales, la foudre doit tomber et tombe, en effet, sur les parties les plus élevées des édifices; mais où trouver une parfaite égalité de circonstances? de combien de manières ne peut-elle pas être troublée? ne suffit-il pas pour cela d'un crampon de métal, de l'espagnolette d'une fenêtre, d'un tuyau de poêle, etc. Au reste, si les nuages chargés de matière

fulminante n'étaient pas terminés par des surfaces à peu près horizontales, les portions les plus élevées des édifices ne jouiraient pas incontestablement du fâcheux privilége que nous venons de leur attribuer; or, chacun doit se rappeler ces lambeaux de nuages qui, dans des temps orageux, descendent presque jusqu'à terre, et que la masse générale traîne à sa suite partout où le vent la transporte. Rien n'est moins propre assurément qu'une tige verticale pour décharger peu à peu et en silence ces nuages pendants. Au contraire, un paratonnerre horizontal ou très-incliné produirait cet effet à merveille. Je n'entends pas, au surplus, réduire à ce seul rôle les paratonnerres inclinés : ils doivent servir encore à recevoir les coups foudroyants, qui sans eux auraient frappé les faces latérales des édifices. Croit-on, avec quelques physiciens, que jamais ces faces ne peuvent être exposées au même degré que l'ensemble des parties culminantes? Ma réponse est toute prête : elle consistera dans divers faits que j'ai recueillis et qui ne me semblent pas laisser place au plus léger doute.

M. Alexandre Small écrivait de Londres à Franklin, en 1764, qu'il avait vu, devant ses fenêtres, un trait fulminant très-vif, très-délié et assez bas, se mouvoir, sans zigzags apparents, dans une direction à peu près horizontale, et aller frapper un clocher fort loin de son sommet.

En septembre 1780, un violent coup de tonnerre tua deux hommes au rez-de-chaussée de la maison de M. James Adair, à East-Bourn. Au premier étage, où il pénétra par une fenêtre, il fit aussi beaucoup de dégâts.

Le troisième étage et le toit étaient restés parfaitement intacts.

On aurait pu deviner ces effets, d'après les observations de diverses personnes qui se promenaient sur le bord de la mer. La ligne que suivait le météore paraissait le conduire tout juste au milieu de la façade de la maison. C'est là seulement qu'il se brisa, qu'il se divisa, qu'il se partagea en plusieurs rameaux.

Le 12 août 1783, la foudre endommagea le clocher de la cathédrale de Lausanne. Elle tomba d'abord sur une barre de fer horizontale servant de lien à deux petites colonnes situées aux deux tiers de la hauteur de l'édifice. Il n'est pas douteux que le trait fulminant avait eu cette direction peu ordinaire : une personne digne de foi le vit distinctement s'élancer sur la barre; le docteur Verdeil, à qui l'observation fut immédiatement communiquée, se livra, en conséquence, aux recherches les plus scrupuleuses, et ne découvrit au-dessus de la barre de fer en question aucun indice quelconque de l'action de la foudre.

Ce coup latéral et dirigé sur un point si éloigné de la sommité du clocher est d'autant plus remarquable, que l'édifice se trouvait fortuitement pourvu d'une sorte de paratonnerre.

« Au sommet du clocher, dit en effet M. Verdeil, est une espèce de pommeau à huit faces longitudinales, surmonté d'une longue verge de fer qui sert de pivot à la girouette, et qui se termine en forme de fer de pique. Ce pommeau est recouvert de plaques de cuivre dans toute sa circonférence. Huit bandes du même métal descendent

depuis ce pommeau le long des angles de la flèche, qui est couverte de tuiles vernies au four. Ces bandes vont aboutir à une gouttière horizontale qui fait tout le tour de la base de la flèche, et se vide, au moyen de deux tuyaux de métal fort épais, dans deux grands réservoirs de cuivre qui sont toujours pleins d'eau. Du fond de ces réservoirs partent deux longs tuyaux de cuivre, qui descendent du haut en bas, se réunissent dans un réservoir commun, et de là vont se rendre dans une pompe à incendie qu'ils remplissent toutes les fois qu'il pleut. Cette pompe communique, par des égouts de métal, avec celui qui verse l'eau de la pluie sur le pavé. »

Admettons qu'il pleuve (et il pleuvait beaucoup depuis une demi-heure, au moment du coup fulminant du 12 août 1783), et l'on aura, comme nous le disions tout à l'heure, dans l'ensemble de barres, de plaques et de tuyaux métalliques, un paratonnerre presque à l'abri de toute objection.

Une aile de moulin à vent (le moulin de Thoothill en Essex) est au repos dans la position où elle fait avec l'horizon un angle de 45 degrés. Le tonnerre, partant des nuages, vient la frapper, en 1829. Qui ne s'imaginerait que le point de collision sera la partie la plus élevée de l'aile? Il n'en est rien cependant! Le milieu de l'aile porte un boulon en fer : c'est sur ce milieu que la foudre se précipite; toute la portion supérieure reste intacte; les avantages d'une plus grande hauteur sont compensés et bien au delà par la présence, dans la partie inférieure, de quelques kilogrammes de métal.

S'il fallait prouver que toujours on devra établir sur les

édifices des paratonnerres inclinés, les faits que je viens d'énumérer seraient trop peu nombreux; mais, on se le rappellera, je voulais seulement établir que dans certains cas les tiges obliques peuvent être utiles.

CHAPITRE XLVIII.

DE LA MEILLEURE FORME ET DES MEILLEURES DISPOSITIONS A DONNER AUX DIVERSES PARTIES DONT UN PARATONNERRE SE COMPOSE.

§ 1er. — De la pointe.

Nous avons prouvé que si l'on ne veut pas, avec raison, renoncer à la propriété dont les paratonnerres jouissent de décharger peu à peu et silencieusement les nuées orageuses de leur matière fulminante, il faut que la tige se termine par une pointe très-aiguë. Faisons cette pointe en fer, et la rouille provenant de l'action de l'air et de l'eau la détruira bientôt, et bientôt elle sera émoussée, et sa propriété soutirante s'affaiblira de jour en jour.

On a d'abord paré à cet inconvénient en dorant la pointe de la tige en fer dans une certaine étendue. La dorure du fer étant très-peu durable, on a trouvé mieux ensuite d'adapter à l'extrémité de la tige, à l'aide d'une vis, une pointe en cuivre doré. Enfin, des pointes de platine remplacent généralement celles de fer et de cuivre, depuis que les progrès de la métallurgie permettent de les fournir à des prix très-modérés.

Les pointes de platine sont préférables à celles de cuivre, non-seulement à cause de leur inaltérabilité sous l'action de l'eau et de l'air, mais aussi à raison de leur

infusibilité. Le coup de foudre qui fondrait, qui émousserait une pointe de cuivre, laisserait au contraire à la pointe de platine la forme aiguë de laquelle dépend la grande intensité de son action. En se rappelant qu'un paratonnerre peut être foudroyé au début d'un orage, et que le remplacement des pointes exige souvent la construction d'échafaudages dispendieux, on ne manquera pas d'apprécier, sous le rapport économique et sous celui de la sûreté, tous les avantages de l'infusibilité des aiguilles de platine. Ces avantages sont tels, qu'en 1790, à une époque où l'on savait à peine travailler ce métal, la Société philosophique de Philadelphie accueillait avec de vifs applaudissements la proposition que M. Robert Patterson lui faisait, d'exécuter la pointe des paratonnerres avec une autre substance très-peu fusible, avec de la plombagine (carbure de fer).

Dans quelques pays, en Allemagne et en Angleterre, par exemple, certains constructeurs de paratonnerres adaptent à l'extrémité de la tige de ces appareils, non pas une pointe unique, comme on le fait en France, mais une pointe verticale autour de laquelle sont disposées circulairement d'autres pointes très-divergentes et diversement inclinées à l'horizon.

Je sais bien qu'on justifiait ainsi cette pratique : une pointe s'émousse et s'oxyde à l'air; dès lors elle perd de sa puissance et de sa conductibilité; eh bien, plusieurs pointes émoussées et rouillées agiront dans leur ensemble aussi fortement qu'une pointe unique non rouillée! Mais cet avantage des pointes multiples, auquel une pointe unique de platine supplée aujourd'hui parfaitement,

n'était pas le seul qu'on eût en vue et qu'on espérât : en employant des pointes diversement orientées et diversement inclinées, il devait toujours, dans le nombre, s'en trouver une qui se présentât suivant la position la plus favorable, qui se présentât perpendiculairement au nuage orageux, quels que fussent sa forme, le nombre de ses faces et leur inclinaison. Tout cela doit paraître un tant soit peu subtil; mais jusqu'à l'époque où, en répétant avec un grand soin l'expérience de Beccaria, sur laquelle nous nous sommes déjà appuyé (voyez p. 337), on aura établi qu'une pointe verticale enlève à toutes sortes de nuages plus de matière fulminante qu'une pointe inclinée, ou, mieux encore, jusqu'au moment où, en suivant la méthode du célèbre physicien de Turin, on sera parvenu à prouver qu'une pointe unique agit toujours plus fortement qu'un groupe de pointes disposées en étoile, on n'aura pas le droit de ranger les paratonnerres à pointes multiples parmi les conceptions qui ne méritent que le dédain. Je conviendrai néanmoins qu'en attendant ces expériences, il sera sage et très-suffisant de s'en tenir à la forme recommandée dès l'origine par Franklin [1].

§ 2. — Du conducteur.

C'est de la bonne construction et de la bonne disposition du conducteur que dépend principalement l'action préservatrice des appareils de Franklin.

1. Je ne dirai rien ici de la méthode que divers constructeurs avaient adoptée, et qui consistait à employer pour extrémité de la tige du paratonnerre une aiguille de fer aimantée. Il est évident que l'aimantation était dans ce cas de nul effet.

Le conducteur et aussi la tige supérieure d'un paratonnerre doivent être assez gros, assez massifs pour qu'un coup de foudre ne puisse point les fondre. D'après tout ce que nous avons recueilli dans le chapitre XVIII, on satisfera amplement à cette condition en employant des barres de fer ou de cuivre, carrées ou cylindriques, de 20 millimètres de côté ou de diamètre. Si les constructeurs donnent à la tige, surtout vers sa base, une plus grande épaisseur, c'est seulement afin qu'elle puisse résister à l'action du vent.

Pour garantir de la rouille les tiges et les conducteurs des paratonnerres, on les couvre ordinairement d'une couche de peinture. En Amérique, on a porté le scrupule jusqu'à choisir de la peinture au noir de fumée, à cause de la propriété dont cette dernière matière jouit, de donner aux composés où elle entre dans une forte proportion, la faculté de transmettre assez facilement la matière fulminante.

Le conducteur ne pouvant remplir convenablement son office qu'à la condition de se dépouiller de cette matière au fur et à mesure que la tige supérieure pointue du paratonnerre le lui transmet, il faut inévitablement suppléer au manque de conductibilité du sol par la multiplication du nombre de points d'écoulement [1]. Si le conducteur descend dans un terrain médiocrement humide et,

1. M. R. Hare, professeur de chimie à l'université de Pensylvanie, propose de mettre, quand cela est possible, la partie souterraine des conducteurs des paratonnerres en communication avec les tuyaux en fonte destinés dans la plupart de nos villes à conduire l'eau dans les divers quartiers.

dès lors, médiocrement perméable aux effluves fulminants, il faudra qu'il soit en contact avec lui sur une grande longueur. La longueur pourra être moindre si la terre est toute l'année fortement imprégnée d'humidité, moindre encore si le conducteur descend jusqu'à une nappe d'eau naturelle.

L'augmentation si indispensable du nombre de points d'écoulement par lesquels le fluide peut passer du conducteur dans le sol, on l'obtiendrait aussi en épanouissant en quelque sorte le métal, en amenant la barre conductrice, par l'action du laminoir, à être une large plaque, en étendant autant que possible la surface destinée à pénétrer dans la terre. Il y a même tel développement de cette surface qui dispenserait, je crois, de rien enfoncer dans le terrain, qui rendrait un contact superficiel suffisant. Il doit en être ainsi, par exemple, dans les édifices entourés à leur base d'une bordure en plomb ou en fer-blanc qui est ployée à angle droit de telle manière que l'une des faces de l'angle est appliquée contre le mur, et que l'autre repose sur le sol. Que le conducteur touche bien cette bordure, et le fluide qu'il reçoit de la tige dans le temps le plus orageux pourra s'écouler par un si grand nombre de points, qu'on n'aura plus à craindre ni jets lumineux ni détonation. Voilà, si je ne me trompe, pourquoi un monument tel que la colonne de la place Vendôme, reposant sur un large socle métallique qui lui-même touche par sa surface inférieure le sol ou le soubassement en pierre, peut se passer de conducteur.

Ordinairement, c'est en ramifiant le conducteur, et non par un laminage, que les constructeurs de paratonnerres

augmentent la surface enterrée destinée à donner passage dans le sol au fluide fulminant.

Lorsque la barre du conducteur pénètre dans le sol, on se trouve entre deux écueils. Si le terrain est humide, l'écoulement de la matière fulminante se fait sans difficulté, mais le métal se rouille, se détruit très-vite. Supposez le terrain sec, la barre dure longtemps, mais elle remplit fort mal ses fonctions. Il était donc bien désirable qu'on découvrît une matière très-conductrice et qui n'attaquât pas le fer. Le charbon, quand il a été rougi, est dans ce cas. Aussi, comme Robert Patterson le proposa en 1790, les constructeurs de paratonnerres qui sont au courant de toutes les ressources de la science ne manquent-ils pas aujourd'hui de faire passer la barre conductrice au travers d'une sorte de puits rempli de *braise de boulanger*. Je souligne de nouveau ces trois mots afin qu'on ne s'y trompe pas : le charbon rougi est indispen-pensable; le charbon commun ne saurait le remplacer.

Quand le conducteur descend jusqu'à une nappe liquide naturelle, il suffit, l'expérience l'a prouvé, de l'y faire plonger d'environ 1 mètre.

Je viens de parler d'une nappe naturelle, par opposition aux réservoirs artificiels ou citernes qui reçoivent l'eau pluviale. C'est à tort que ces citernes, quand elles ont été rendues étanches dans leur fond et sur leurs côtés, soit à l'aide d'un dallage et d'un masticage exact, soit par une couche épaisse de béton hydraulique, sont assimilées à des puits proprement dits. Les dalles ou le ciment hydraulique étant secs dans le milieu de leur épaisseur, n'offrent qu'un passage très-difficile à la ma-

tière de la foudre; cette matière n'a donc pas le moyen, comme dans le cas d'un puits, d'aller se répandre rapidement au loin par une multitude innombrable de fentes, de fissures remplies d'eau ou tout au moins d'humidité : après avoir un moment envahi le liquide de la citerne, la matière, faute d'écoulement, revient sur ses pas, remonte le long de la barre du conducteur et se précipite par un coup fulminant ou avec détonation sur quelque objet placé dans le voisinage.

Je sais très-bien qu'on aura le droit de demander des preuves à l'appui de cette théorie; aussi je m'empresse de les fournir.

Le 19 juin 1819, la foudre tomba sur la principale aiguille de la cathédrale de Milan. Cette aiguille était armée d'un paratonnerre en bon état dont le conducteur plongeait dans un vaste puisard. Cependant, près de ce conducteur encore intact, on trouva, à diverses élévations, des marbres brisés et dispersés, des arabesques détruites, etc. Toute vérification faite par le professeur Configliachi, il fut constaté que le prétendu puisard était une véritable citerne dallée!

Le 4 janvier 1827, la foudre tomba sur le paratonnerre du phare de Gênes. Ce paratonnerre et le conducteur furent brisés en plusieurs points, quoique tout semblât en bon état, quoique le conducteur plongeât dans de l'eau; mais cette eau était contenue dans une citerne étanche, de peu de capacité, creusée de main d'homme dans la roche sur laquelle le phare repose!

Quelque faible que soit la résistance qu'une barre métallique oppose au passage de la matière fulminante, il est

bon de ne pas la négliger. Cette résistance devant augmenter avec la longueur de la barre, il sera convenable, à moins d'empêchement sérieux, de diriger le conducteur par le plus court chemin possible, entre le pied de la tige verticale du paratonnerre auquel il est attaché, et le sol humide où il doit se décharger.

Nous déterminions tout à l'heure la grosseur du conducteur, d'après des coups de foudre que j'appellerai simples. Dans ces coups, les barres étaient seulement envahies par la matière fulminante qui les avait directement frappées. Ces dimensions pourraient bien ne pas être suffisantes si, dans un instant donné, un seul conducteur recevait et devait transmettre au sol tout ce qui aurait frappé simultanément plusieurs paratonnerres. La nécessité d'un conducteur par paratonnerre ressort de cette remarque avec une entière évidence. Ceci n'empêche pas qu'il n'y ait utilité à établir une liaison intime entre les pieds des tiges de tous les paratonnerres, à l'aide de barres de fer courant le long des faîtières des toits, et qui n'ont pas besoin d'être aussi fortes que les conducteurs proprement dits. Il sera toujours avantageux d'étendre le même genre de communication aux grosses pièces métalliques qui font partie des toits ou balustrades des édifices, et surtout aux combles en fer dont l'usage commence à devenir si commun.

Des barres métalliques rigides ne s'adaptent aux diverses inflexions des toits, des corniches, des ornements d'architecture, qu'à l'aide d'un grand nombre de morcellements et de raccords dans lesquels, à la longue, les eaux et la rouille qui en est la suite, produisent de

fâcheuses solutions de continuité. On évite aujourd'hui ces inconvénients en substituant des cordes métalliques flexibles aux barres dont jadis on faisait exclusivement usage. Ces cordes ont et doivent avoir les dimensions des anciennes barres. Les torons qui les composent peuvent être goudronnés séparément, mais cela n'empêche pas que la corde tout entière ne soit ensuite goudronnée elle-même avec le plus grand soin. Il est toujours bien entendu que le goudron recouvrira seulement les parties extérieures de la corde, celles qu'il doit préserver de l'action de l'air et de l'humidité. Quant aux parties destinées à être plongées dans l'eau d'un puits, dans un terrain humecté ou dans de la braise de boulanger, il est indispensable que leurs surfaces métalliques soient à nu autant que possible.

Certains constructeurs se croyaient obligés de séparer les combles et les murs des édifices, des paratonnerres et de leurs conducteurs, par les matières, telles que le verre, la poix, etc., les moins propres à transmettre le fluide de la foudre, et qui, dès lors, ne doivent permettre à aucune portion appréciable de ce fluide de se dévier latéralement, de s'élancer d'une barre conductrice sur les objets qu'elle est destinée à protéger. Mais ces paratonnerres isolés ne sont plus guère en usage ; on a fini par y reconnaître un excès de précaution très-dispendieux ; on a réfléchi que la matière fulminante, une fois engagée dans une barre métallique suffisamment grosse et aboutissant à quelque nappe liquide indéfinie, ne la quitte, pour se porter sur les matériaux dont les édifices sont ordinairement composés, qu'en si petite quantité, qu'il n'en saurait

résulter ni dommage, ni même aucun effet appréciable.

Les mêmes raisonnements sembleraient pouvoir conduire à décider une question qui aussi a été débattue entre les physiciens : celle de savoir s'il est indifférent d'établir les conducteurs dans l'intérieur ou à l'extérieur des édifices. J'avoue que sur ce dernier point je serai beaucoup moins affirmatif. « Il y a des grands seigneurs dont il ne faut approcher qu'avec d'extrêmes précautions; le tonnerre est de ce nombre », dit Voltaire. Je suis tenté de croire que l'illustre écrivain a raison, quand je me rappelle le cas déjà cité (p. 207) où la foudre, quittant le conducteur extérieur du paratonnerre de la maison de M. Raven, alla horizontalement, à travers le mur, frapper un fusil placé debout dans la cuisine. Quels dégâts, je le demande, n'auraient pas été la suite de ce mouvement latéral, si une grosse maçonnerie ne se fût trouvée sur le passage de la foudre !

Le conducteur, dira-t-on, n'avait pas une épaisseur suffisante. Oui sans doute, mais voici un cas où tout paraissait en bon ordre, où les paratonnerres fonctionnèrent comme on pouvait le désirer, et cependant il y eut déviation de la matière fulminante; et tout autorise à croire qu'il en serait résulté des malheurs, si de même un mur épais ne s'était trouvé interposé entre le conducteur et une foule d'ouvriers.

Le 31 juillet 1829, dans la prison de Charlestown, au moment d'un immense coup de tonnerre, trois cents personnes reçurent à la fois une violente commotion dont l'effet général fut, durant quelques secondes, un grand

affaiblissement de force musculaire. L'accident n'eut de suites fâcheuses pour personne.

La prison de Charlestown était armée de trois paratonnerres en bon état, placés à 5m.50 l'un de l'autre. La foudre laissa donc le bâtiment parfaitement intact. Mais comment se fit-il que l'effet préservatif des conducteurs ne s'étendit pas, comme à l'ordinaire, aux habitants?

On a trouvé une réponse satisfaisante à cette question, dans la grande quantité de fer que la prison renfermait. M. Bryant, le directeur, l'évalua à 100 tonnes; il faut ajouter à cela que presque toute la population ouvrière était armée de marteaux, de limes, de fusils ou de piques.

Jusqu'ici, les physiciens ne paraissent avoir attaché aucune importance à la forme des inflexions qu'on est obligé de faire subir au conducteur, pour l'amener du comble, parallèlement auquel il est descendu, vers le mur vertical de l'édifice. Au bord même du larmier du toit, au bord des corniches, la barre ou la chaîne conductrice est pliée de telle manière qu'au lieu de se trouver sur une même droite, la partie du comble et celle qui va rejoindre le mur font entre elles un angle de 90 degrés, et même quelquefois un angle aigu. Il n'est pas très-rare de remarquer d'aussi brusques déviations dans d'autres parties du conducteur, même près de terre. Supposons un violent coup de foudre, et de telles inflexions pourraient être dangereuses, du moins à en juger par divers événements dont j'ai lu les relations, et qui semblent autoriser à croire que, dans le calcul de la

marche de la matière fulminante, on ne doit pas faire totalement abstraction de la vitesse acquise. On peut consulter à ce sujet la *Description de Saint-Domingue* de Moreau de Saint-Méry, tome Ier, page 393; l'on y verra la foudre suivre régulièrement un conducteur, l'abandonner ensuite dans le point où la barre était ployée de telle sorte que ses deux parties formaient un angle aigu, pour aller, à travers l'air, frapper des objets situés sur le prolongement du premier côté de l'angle.

Les *Mémoires de l'Académie de Lausanne*, tome Ier, nous montreront aussi la foudre se dirigeant très-obliquement sur le milieu d'une barre de fer horizontale, et ne s'y propageant, bien que tout fût symétrique de part et d'autre, que dans le sens du prolongement de son propre mouvement. Maintenant que la question est posée, des expériences de cabinet ne manqueront pas de faire prompte justice des considérations précédentes, si elles ne sont pas fondées; en attendant, il ne pourra y avoir que de l'avantage à éviter, dans la forme du conducteur, des angles aigus, à ne passer d'une direction à une autre très-différente qu'à l'aide de courbes de raccord exemptes de tout changement brusque.

Le 16 décembre 1852, la foudre frappa le paratonnerre établi sur la tour du séminaire de Sainte-Anne d'Auray et en fit disparaître la tige; le conducteur était brisé à l'endroit où, après avoir suivi le contour de la corniche, il se redressait pour redescendre verticalement jusqu'au sol.

C'est une nouvelle preuve de la nécessité qu'il y a à ne pas faire parcourir au conducteur des lignes offrant

des angles trop aigus. (Relation de l'abbé Pinel, journal *le Cosmos* du 12 janvier 1853.)

Le pulvérin que le moindre courant d'air entraîne, qui se dépose sur toutes les saillies intérieures et extérieures des magasins à poudre est pour ces établissements un véritable danger. Supposons ce pulvérin enflammé par l'étincelle résultant d'une imperceptible solution de continuité dans le conducteur, et le feu pourra se communiquer jusqu'aux barils de l'intérieur. Dans cette prévision, on a proposé de ne point poser les paratonnerres des magasins sur les bâtiments mêmes : il serait mieux, dit-on, de les établir à l'extrémité de longs mâts verticaux, éloignés de 2 à 3 mètres des murs de face. Cette idée se trouve déjà dans un Mémoire de Toaldo de 1776. Elle a reçu depuis (en 1823) la haute approbation de la section de physique de l'Académie des sciences ; malheureusement, il se présente dans son application une difficulté fort grave qui nous a déjà occupés. On sait très-bien que les pointes doivent s'élever plus haut que le faîte de l'édifice, mais quel est leur rayon d'action ? Supposez-le égal au double de la hauteur absolue de chaque paratonnerre au-dessus du sol, et un petit nombre de ces appareils suffira pour mettre à l'abri toutes les parties du plus vaste magasin. Admettez, d'autre part, que le rayon d'action ne doive être calculé que sur le double de la hauteur des pointes au-dessus des parties culminantes des magasins, et il y a tel de ces bâtiments, qu'à moins d'immenses dépenses, il faudrait renoncer à garantir avec des mâts paratonnerres.

Quoique j'aie déjà bien longuement insisté sur les

règles auxquelles on doit se soumettre dans l'établissement des paratonnerres et de leurs conducteurs, je placerai ici la relation du coup de foudre qui menaça si gravement le magasin à poudre de Bayonne, le 23 février 1829. Les fautes, surtout quand elles ont failli devenir la cause de grands malheurs, laissent toujours dans la mémoire des souvenirs plus durables que de simples préceptes. Il sera bon, d'ailleurs, de montrer comment une installation de l'appareil de Franklin, que j'appellerai en vérité prétentieuse, devint détestable par le simple oubli de quelques circonstances en apparence assez légères.

Le magasin à poudre de Bayonne est un bâtiment de 17m.5 de long, sur 11m.4 de large. Le toit est à deux eaux. La faîtière et la couverture des murs de pignon sont formées de larges lames de plomb liées les unes aux autres. Le paratonnerre a 6m.8 d'élévation; une douille en plomb, qui l'enveloppe à sa base, est soudée à l'une des lames du faîte. Par cette disposition, toutes les parties métalliques du toit communiquent entre elles.

Le conducteur a au moins 27 millimètres de diamètre. Au lieu de pénétrer dans la terre, au pied du bâtiment, comme c'est l'ordinaire, il est soutenu horizontalement, à 8 décimètres de hauteur, par cinq poteaux en bois. Ce n'est qu'à la distance de 10 mètres du mur extérieur du magasin, que le conducteur s'enfonce verticalement dans une fosse carrée d'environ 2 mètres de côté, revêtue en maçonnerie sur ses quatre faces latérales, et remplie de charbon dans une hauteur de plus de 1 mètre, à partir du fond. Afin de multiplier le nombre de points de con-

tact entre le charbon et le terrain naturel, on a terminé, dans le bas, les quatre murs de la fosse par des arceaux à jour. Le bout pointu du conducteur repose sur un piquet fiché au fond de la fosse. Des racines métalliques partant de la tige principale, en divergeant, et ramifiées ensuite elles-mêmes, vont se répandre dans toutes les parties de la masse charbonneuse. Au-dessus de cette masse est une couche de terre meuble recouverte d'un pavé en dalles.

Le 23 février 1829, à quatre heures du soir, quelques minutes après une abondante averse de pluie et de grêle, que poussait un fort vent d'ouest, le tonnerre tomba sur le paratonnerre de Bayonne et fondit sa pointe dans une longueur d'environ 13 millimètres. Jusque là, rien d'extraordinaire. Mais des indices manifestes de décharges se montrèrent sur beaucoup d'autres points; ainsi la tige métallique n'avait pas entièrement garanti l'édifice.

A l'angle sud-ouest du bâtiment, la lame de plomb recouvrant le mur de pignon présentait une déchirure de $0^m.21$ dans un sens, sur $0^m.19$ dans l'autre, et cela précisément au-dessus d'un lien de fer réunissant deux pierres de la corniche.

La foudre avait laissé aussi des traces de ses explosions sur les cinq poteaux de bois dont nous avons déjà parlé, et qui sont destinés à maintenir le conducteur horizontalement au-dessus du sol.

La lame de plomb formant le chapeau de celui de tous ces poteaux qui se trouve le plus voisin du bâtiment avait été soulevée; les deux clous qui l'attachaient étaient arrachés. Sur la couverture du second poteau, on remar-

quait deux trous à peu près circulaires et une petite déchirure. Sur celle du troisième, on voyait trois trous, dont l'un de 6 centimètres de long sur 1 de large. Les lames de plomb du quatrième et du cinquième poteau n'étaient percées chacune que d'un seul trou. Dans toutes ces ouvertures ou déchirures, le plomb était rebroussé de bas en haut.

Tels sont les principaux faits consignés dans une lettre au ministre de la guerre du colonel-directeur de l'artillerie de Bayonne, et dans le rapport d'une commission nommée par cet officier pour constater le dégât.

La section de physique de l'Académie des Sciences, appelée dans le temps à donner son avis sur cet événement et à expliquer l'inefficacité d'un paratonnerre qui, au premier aspect, pouvait paraître avoir été établi avec beaucoup de soin, consigna le fruit de son examen dans un rapport rédigé par M. Gay-Lussac, et dont je ne puis mieux faire que d'analyser les principales conclusions.

Le conducteur n'a pas offert un écoulement suffisant à la matière fulminante; c'est pour cela qu'elle s'est ouvert un passage et par l'angle sud-ouest du bâtiment et par les cinq supports en bois.

Il faut chercher la cause de l'insuffisance du paratonnerre de Bayonne, dans les dispositions vraiment inexplicables adoptées par les constructeurs et que nous avons déjà fait connaître. Il eût fallu que la barre métallique (conducteur) plongeât dans l'eau d'un puits, ou du moins qu'elle se trouvât en contact avec la terre humide sur un grand développement. Au contraire, comme si l'on eût craint d'offrir trop de voies d'écoulement au fluide, cette

barre, sur toute sa course horizontale, était soutenue à 0m.8 de hauteur par des poteaux en bois, c'est-à-dire par des conducteurs imparfaits[1]; elle ne s'enfonçait ensuite verticalement dans le sol que d'environ 2 mètres. On avait, il est vrai, enveloppé l'extrémité de la barre dans du charbon; mais ce n'était pas de la braise éteinte, c'était du charbon ordinaire dont la conductibilité n'a rien de remarquable[2].

Avec une pareille installation, doit-on s'étonner que la foudre se soit ramifiée? qu'à défaut d'un écoulement suffisant par la voie qu'on lui avait destinée, elle ait suivi, en assez grande partie, la direction des cinq poteaux de bois pour arriver au sol? qu'en outre, à l'angle sud-ouest

1. Cette disposition avait été probablement suggérée par un précepte très-juste de Franklin, mais ici fort mal interprété. Le grand physicien d'Amérique ne voulait pas que le bout inférieur des conducteurs restât trop voisin des murs des édifices. Il craignait qu'en l'absence d'une conductibilité suffisante du terrain, l'explosion dont ce bout doit être inévitablement le siége, ne se portât latéralement sur les fondations, et dans le cas d'un trop grand voisinage, ne les ébranlât. Il voulait donc qu'après avoir pénétré dans la terre, la barre conductrice, par une inflexion convenable, s'éloignât des murs. Cet éloignement, il n'aurait jamais consenti à se le procurer en diminuant le nombre des points de contact de la barre et du sol. Il eût sans doute approuvé les 10 mètres de déviation latérale du conducteur de Bayonne, mais à la condition expresse qu'au lieu d'être soutenus en l'air par des poteaux, ces 10 mètres de barre auraient été enfoncés dans la terre.

2. Je dois le répéter, il a été établi par de nombreuses expériences, que le charbon ordinaire, que le charbon faiblement calciné, pris à l'état de siccité, n'est presque pas conducteur de la matière de la foudre. Imbibé d'eau, il présente des propriétés conductrices manifestes, mais cependant beaucoup plus faibles encore que celles du charbon auquel on a fait subir un violent coup de feu. A défaut de cette dernière espèce de charbon, on peut se servir de coke pulvérisé.

du bâtiment, elle se soit élancée d'une plaque de plomb qui communiquait avec le conducteur, sur le lien en fer unissant deux pierres que cette plaque recouvrait? La préférence donnée ainsi à l'angle sud-ouest s'explique d'ailleurs par la circonstance que le mur de cet angle, battu un moment avant l'explosion par la pluie d'orage, était devenu un demi-conducteur.

CHAPITRE XLIX.

DES ORGANES QUI SONT LE PLUS ORDINAIREMENT AFFECTÉS DANS LES MORTS OU LES BLESSURES OCCASIONNÉES PAR DES COUPS DE FOUDRE.

La solution de la question posée en tête de ce chapitre intéresse au plus haut degré la médecine légale. Mais, on doit l'avouer, elle n'a pas été traitée jusqu'ici avec toute l'attention et la rigueur nécessaires. Ainsi, on ne sait pas si, dans le cas d'un coup foudroyant, mortel ou non, certains organes sont affectés de préférence à d'autres.

John Hunter disait que la foudre, en traversant le corps, produisait une destruction entière et instantanée du principe vital. C'était, qu'on me passe ce jugement, répéter les faits connus en termes obscurs. Suivant Brodie, la mort serait la conséquence de l'action du fluide de la foudre sur la tête.

Edwards regardait la mort comme le résultat d'une désorganisation du système nerveux. D'autres confinent l'action au système cérébro-spinal, sans toutefois citer à l'appui de leurs opinions des expériences décisives.

La foudre produit, sur les corps animés qu'elle frappe, des effets mécaniques considérables, ordinairement en rapport manifeste avec les parties métalliques disséminées dans les vêtements de l'individu atteint. Quelquefois, les empreintes de la foudre ne sont que superficielles et se réduisent à des ecchymoses; dans d'autres circonstances, les os eux-mêmes sont brisés. On a signalé le cas dans lequel le crâne d'un homme frappé de la foudre était comme broyé par un instrument contondant. Il n'est pas rare que les vêtements de l'individu atteint prennent feu.

On a prétendu, sur l'autorité de Hunter, mais sans des preuves suffisantes, que le sang d'un homme ou d'un animal foudroyé ne se coagule pas dans l'intérieur du corps, et que les muscles n'acquièrent jamais la rigidité cadavérique; mais cette dernière assertion est démontrée fausse par des anatomies authentiques faites par Schultès de Landschut. On a ajouté que la putréfaction se manifestait, dans ce genre de mort, plus promptement qu'à l'ordinaire.

Lorsque l'homme foudroyé portait sur lui un couteau, un canif, des aiguilles, ou tout autre instrument d'acier, le fort magnétisme que ces ustensiles reçoivent au moment est, pour le médecin légiste, la preuve la plus évidente, peut-être, que la mort a été occasionnée par le météore atmosphérique.

On a cité des exemples dans lesquels des coups de foudre, trop peu intenses pour produire la mort, avaient occasionné la surdité ou produit une amaurose avec dilatation et perte de la contractilité de la pupille. Dans certains cas, cette surdité ou cette amaurose se dissipent en

peu de temps ; on les a vues, d'autres fois, durer plusieurs jours ou plusieurs semaines.

Le résultat le plus fréquent des coups de foudre d'une intensité médiocre est une paralysie partielle, et plus ou moins persistante, d esjambes ou des bras.

M. Édouard Robin attribue la mort produite par la foudre à une sorte d'asphyxie, ou à une sorte de disparition subite de l'oxygène atmosphérique. Il trouve une preuve à l'appui de sa théorie dans les observations faites par un médecin italien, et desquelles il résulterait que la putréfaction dans les corps où la mort a été déterminée par l'action de la foudre est, comparativement, très-peu active.

CHAPITRE L.

LA FOUDRE BRULE ORDINAIREMENT LE POIL SUR TOUTES LES PARTIES DU CORPS DE L'INDIVIDU QU'ELLE FRAPPE.

Les exemples d'un pareil effet sont aussi nombreux que certains. Je bornerai mes citations à un petit nombre de cas qui ont été signalés par des circonstances exceptionnelles. Voici ce que j'extrais d'une relation que m'a communiquée M. Rihouet, capitaine de frégate. Cet officier remplissait les fonctions de second sur le vaisseau de ligne *le Golymin*, lorsque ce navire fut foudroyé dans la nuit du 21 au 22 février 1812, à sa sortie du port de Lorient.

M. Rihouet reçut plusieurs blessures à la tête. « Le lendemain, dit ce capitaine de frégate, lorsque je voulus me raser, je trouvai que la barbe ne se coupait pas ; elle

s'arrachait sous l'action du rasoir. Depuis ce jour, elle a totalement disparu. Les cheveux, les cils, les sourcils et enfin tous les poils du corps tombèrent successivement; depuis lors, je suis resté entièrement épilé. Pendant l'année 1813, les ongles des mains s'en allaient par écailles; ceux des pieds n'éprouvèrent aucun changement visible. »

Je trouve, dans les *Cartas eruditas* du père Feyjoó, qu'après la chute de la foudre dans la ville de Santiago, un jeune homme, Juan Francisco Menendez Miranda, près duquel passa le météore, mais sans le blesser en aucune manière, commença à perdre ses cheveux et le poil qui couvrait diverses parties de son corps, de telle manière qu'au bout de quelques jours, on aurait dit qu'il avait été complétement épilé.

CHAPITRE LI.

LES COUPS DE FOUDRE TRÈS-INTENSES TUENT LES HOMMES, LES ANIMAUX, LES VÉGÉTAUX; LES COUPS DE FOUDRE D'INTENSITÉ MÉDIOCRE ONT SOUVENT LA PROPRIÉTÉ DE DÉBARRASSER LES HOMMES ET LES ANIMAUX DE MALADIES DONT ILS SOUFFRAIENT ANTÉRIEUREMENT ET MÊME DE HATER LA CROISSANCE DES VÉGÉTAUX.

M. Quatrefages a rapporté en détail, en 1838, deux cas parfaitement authentiques de pareils effets.

Le 20 juin 1831, un employé du télégraphe de Strasbourg, ayant été frappé de la foudre dans sa guérite, tomba sans connaissance sur le plancher. Le cou, les bras étaient raides et paralysés, ainsi que les membres inférieurs. La paralysie du côté gauche persista jusqu'au lendemain matin.

« Cet employé, avant son accident, jouissait d'une assez bonne santé, mais lorsque ses blessures furent cicatrisées, il nous répéta souvent, dit M. de Quatrefages, que jamais de sa vie il ne s'était aussi bien porté. Il avait acquis un embonpoint remarquable, et attribuait lui-même au coup de foudre l'amélioration sensible que sa santé avait éprouvée à dater de ce moment. »

Le 10 juin 1835, à la Martinique, M. Roaldès, ayant été frappé de la foudre, tomba à terre, paralysé des membres inférieurs et du bras droit, mais cette paralysie ne fut pas de longue durée : elle céda à des frictions répétées. Trois heures après l'accident, il n'en restait plus de traces. M. Roaldès, dont la santé était précédemment délabrée, se rétablit à la suite de cette puissante commotion.

M. Cartheuser cite le cas d'un amaurotique qui fut guéri par l'impression de la foudre.

A Plancy, département de l'Aube, la foudre tomba, le 20 juillet 1843, dans un atelier où étaient plusieurs ouvriers bonnetiers. A la suite de cet événement, un de ces ouvriers, atteint de douleurs rhumatismales, se trouva entièrement guéri.

Un cheval de prix et malade, appartenant au lieutenant-colonel du 7e régiment de chasseurs, qui faisait partie d'une colonne foudroyée, le 13 juin 1842, à Tarbes, portait divers sétons, et les vétérinaires l'avaient condamné. Cependant, à partir du lendemain de l'accident, la santé de cet animal s'améliora rapidement. Après douze jours, tout danger avait cessé. (*L'Écho du monde savant*, du 7 août 1842.)

Le fait suivant est en complet désaccord avec les idées dominantes sur l'influence que le temps orageux exerce sur le développement de certains insectes, et particulièrement des vers à soie.

Le 11 juin 1842, le tonnerre tomba sur une ferme située à Saint-Jean-du-Pin, près d'Alais, et y blessa gravement trois personnes qui se trouvaient accidentellement dans la magnanerie dépendante de l'établissement. Ni la vive lumière, ni le bruit, ni les vapeurs sulfureuses, ni la fumée, ni la matière de la foudre, ne portèrent le moindre préjudice aux vers à soie; au contraire, ils parurent électrisés dans toute l'acception du terme, et continuèrent de travailler avec un redoublement d'activité.

Aux exemples que nous avons cités et qui nous présentent la foudre comme un instrument de dommages, je pourrais en joindre beaucoup d'autres dans lesquels ce météore a agi sur les végétaux d'une manière toute contraire. Je me bornerai à un seul, dont j'ai pu moi-même constater la réalité.

Il existait, il y a quelques années, entre Tours et Rochemort, un château, celui de Comacre, auquel on arrivait par une avenue de quinze cents peupliers. La foudre tomba sur un de ces arbres, et laissa, sur sa souche et sur le sol environnant, des marques évidentes de son action. Eh bien, à partir de l'événement, la croissance de l'arbre foudroyé devint tout à fait exceptionnelle, les dimensions de sa souche dépassèrent bientôt celles de tous les autres arbres de l'avenue, tellement que la différence frappait les personnes les plus inat-

tentives et qui ignoraient complétement l'événement qui en avait été la cause.

CHAPITRE LII.

EST-IL PROUVÉ, EN FAIT, QUE DES PARATONNERRES AIENT PRÉSERVÉ DES RAVAGES DE LA FOUDRE DES BATIMENTS SUR LESQUELS ON LES AVAIT ÉTABLIS ?

D'après la manière dont la question vient d'être posée, chacun a déjà deviné que nous essaierons ici de la résoudre par les simples faits et sans recourir en aucune façon aux déductions, du reste, si simples, si directes, si légitimes, qui tout à l'heure nous dévoilaient le mode d'action des paratonnerres. Les faits, nous les emprunterons, comme on verra, à tous les pays ; ils seront nombreux, car c'est par leur nombre qu'ils acquièrent du prix et de l'importance.

Le temple des juifs à Jérusalem exista depuis le temps de Salomon jusqu'à l'an 70 de Jésus-Christ, ce qui fait un intervalle de plus de mille ans. Ce temple, par sa situation, était complétement exposé aux orages très-forts et très-fréquents de la Palestine. Cependant la Bible et Josèphe ne disent pas que la foudre l'ait jamais frappé. Si l'on se rappelle avec quel soin les anciens peuples enregistraient les tonnerres qui produisaient quelques dégâts ; combien de fois, par exemple, les annales de Rome font mention de ceux qui atteignirent le Capitole ou d'autres édifices, on ne pourra guère expliquer le silence de l'Écriture sainte à ce sujet, qu'en admettant, avec l'orientaliste Michaëlis, que le temple de Jérusalem ne

reçut pas, en dix siècles, un seul coup véritablement foudroyant. Veut-on ajouter à la probabilité de cette conclusion, je rappellerai que le temple, boisé intérieurement et extérieurement, aurait certainement pris feu si un fort coup de tonnerre était venu le frapper.

Le fait une fois bien établi, nous devons, à la suite de Michaëlis et de Lichtenberg, en chercher la cause. Cette cause est très-simple.

Par une circonstance fortuite, le temple de Jérusalem se trouvait armé de paratonnerres semblables à ceux qu'on emploie aujourd'hui et dont la découverte appartient à Franklin!

Le toit du temple, construit à l'italienne et lambrissé en bois de cèdre recouvert d'une dorure épaissse, était garni d'un bout à l'autre de longues lances de fer ou d'acier pointues et dorées. Au dire de Josèphe, l'architecte destinait ces nombreuses pointes à empêcher les oiseaux de se placer sur le toit et d'y laisser tomber leur fiente. Les faces du monument étaient aussi recouvertes, dans toute leur étendue, de bois fortement doré. Enfin, sous le parvis du temple, existaient des citernes dans lesquelles l'eau des toits se rendait par des tuyaux métalliques. Nous trouvons ici, et les tiges des paratonnerres, et une telle surabondance de conducteurs, que Lichtenberg avait toute raison d'assurer que la dixième partie des appareils de nos jours sont loin d'offrir, dans leur construction, une réunion de circonstances aussi satisfaisante.

Définitivement le temple de Jérusalem, resté intact pendant plus de mille ans, peut être cité comme la

preuve la plus manifeste de l'efficacité des paratonnerres.

Dans la Carinthie, au château du comte Orsini, l'église, placée sur une éminence, était si souvent frappée de la foudre, il y arrivait tant d'accidents déplorables, qu'on avait fini par ne plus y célébrer le service divin en été. Dans le courant de l'année 1730, un seul coup de foudre détruisit entièrement le clocher. Après qu'il fut rebâti, ce météore continua, terme moyen, à le frapper quatre ou cinq fois par an. Dans ce calcul, je prie bien de le remarquer, on ne tient pas compte des orages extraordinaires pendant lesquels cinq, et même dix coups foudroyants, atteignaient le clocher dans une seule journée. Vers le milieu de 1778, à la suite d'un de ces orages, le bâtiment menaçant de nouveau ruine, il fut démoli et reconstruit immédiatement après; mais cette fois, on le munit d'un paratonnerre pointu et d'un bon conducteur. En 1783, date de la note de Lichtenberg où je puise tous ces détails, c'est-à-dire après une période d'environ cinq années, au lieu de vingt à vingt-cinq coups, le clocher n'en avait reçu qu'un, et celui-là même était tombé sur la pointe métallique, sans produire aucun accident.

Dans le printemps de l'année 1750, la foudre tomba sur la tour de l'horloge hollandaise de New-York. De la cloche, elle se rendit à l'église, établie 7 à 8 mètres plus bas, en suivant, à travers plusieurs plafonds, le fil métallique à l'aide duquel les rouages mettaient en mouvement le marteau des heures. Tant que le métal ne lui manqua pas, elle ne fit aucun dégât dans la bâtisse; elle n'élargit même pas les trous qui donnaient passage au fil à travers

les plafonds, quoique leur diamètre ne fût guère que de 13 millimètres. Jusqu'à quelque distance de sa partie inférieure, le fil n'éprouva d'autre dommage que celui d'être réduit aux deux tiers de son épaisseur primitive. Dans le bas, sa fusion fut complète; mais aussi, à partir de là, la foudre s'élança sur les gonds d'une porte voisine, brisa la porte et se dissipa.

En 1763, le tonnerre tomba sur le même clocher avec des effets identiques, quoique le fil de communication entre le marteau de la cloche et les rouages de l'horloge eût été remplacé par une petite chaîne en cuivre.

En 1755, nouvelle explosion. Alors la tige de la girouette communiquait avec un conducteur en fer, extérieur, continu, et qui descendait jusque dans le sol humide; aussi la porte et le fil du marteau de l'horloge restèrent, cette fois, parfaitement intacts; la bâtisse n'éprouva également aucun dommage.

Depuis sa construction, l'église de Saint-Michel, à Charlestown, était visitée et endommagée par la foudre, tous les deux ou trois ans. On se décida à y placer un paratonnerre. En 1774, M. Henley apprenait d'Amérique que, durant la période de quatorze ans qui s'était écoulée, à partir de l'établissement de l'appareil, l'église n'avait plus été frappée.

En 1772, Toaldo imprimait que le château royal de Turin, le Valentino, n'était plus frappé de la foudre depuis que Beccaria avait armé ses principaux pavillons de tiges métalliques élancées, auxquelles aboutissaient des fils pénétrant dans le sol. Avant cette époque, le château était souvent ravagé.

Le clocher de Saint-Marc, à Venise, dont la construction date d'une époque très-reculée, n'a pas moins de 104 mètres d'élévation. La seule pyramide qui le surmonte a $27^m.6$. Le tout se termine par un ange en bois recouvert de cuivre, de $3^m.1$ de haut.

La grande élévation de ce clocher, sa position isolée, et, par-dessus tout, la multitude de pièces de fer qui entrent dans sa construction, l'exposaient fortement à la foudre. Aussi a-t-il été fréquemment frappé. Malheureusement les registres de la ville ne mentionnent pas tous les coups : ils n'ont relaté en général que ceux qui nécessitèrent de dispendieuses réparations. En voici, au surplus, le tableau :

1388,	7 juin	(point de détails);
1417,	—	la pyramide incendiée;
1489,	12 août,	la pyramide réduite de nouveau en cendres;
1548,	... juin	(point de détails);
1565,	—	*Idem.*
1653,	—	*Idem.*
1745,	23 avril,	grands dégâts. Trente-sept crevasses menaçaient la tour de ruine. La réparation coûta plus de 40,000 francs.
1761,	23 avril,	dégâts peu considérables;
1762,	23 juin,	de notables dommages.

Au commencement de l'année 1776, le clocher de Saint-Marc fut armé d'un paratonnerre. Il n'est pas venu à ma connaissance que, depuis cette époque, il ait été endommagé par la foudre.

La belle tour de Sienne était très-souvent foudroyée, et, chaque fois fortement endommagée. A peine fut-elle pourvue, en 1777, d'un paratonnerre, qu'elle reçut le

18 avril une nouvelle décharge. Seulement, cette fois, le météore ne produisit absolument aucun dégât.

Je lis, dans un Mémoire de M. W.-S. Harris, qu'il y a en Devonshire six églises surmontées de clochers élevés; que toutes les six, dans le court intervalle de quelques années, ont été frappées par la foudre; qu'une seule l'a été sans avoir éprouvé de dommage, et que c'est précisément aussi la seule qui soit armée d'un paratonnerre.

Genève est fort exposée aux orages, et cependant les tours de sa cathédrale, quoiqu'elles soient l'édifice le plus élevé de la ville, quoiqu'elles dominent sur tous les objets placés dans les environs à une grande distance, jouissent depuis plus de deux siècles et demi du privilége de n'être point foudroyées. Au contraire, le clocher, beaucoup plus bas, de Saint-Gervais, est assez souvent endommagé par le météore.

Saussure cherchait, dès l'année 1771, la cause de cette singulière anomalie, et il la trouvait dans les conducteurs accidentels dont les tours de la cathédrale sont munies. La tour du milieu existe depuis près de trois cents ans, « et comme elle est toute en bois, dit Saussure, elle a dû toujours être, comme elle l'est encore actuellement, recouverte de fer-blanc de haut en bas; or, il est aisé de concevoir qu'un volume aussi considérable de métal a toujours dû faire un excellent conducteur, et que sa large base communiquant avec toutes les parties de l'édifice a pu facilement rencontrer, dans son étendue, quelque matière qui achevât la communication. » Ajoutons, pour compléter l'explication de l'illustre physicien, que la communication avec le sol se faisait, à des degrés

différents il est vrai, par toutes les matières, par toutes les parties de l'édifice, et que le nombre suppléait ainsi à l'intensité. Disons enfin que les tuyaux de plomb ou de fer-blanc adaptés depuis plus d'un siècle aux murs du temple et qui conduisent les eaux pluviales sous terre, forment une communication peut-être plus parfaite que celle des barres ordinaires.

La grande colonne de Londres, nommée le Monument, fut élevée dans l'année 1677, par Christophe Wren, en commémoration du grand incendie de cette capitale. Elle a environ 62 mètres de hauteur, à compter du pavé de Fish-Street. Sa partie supérieure se termine par un large bassin de métal, rempli d'un grand nombre de bandes également métalliques, plus ou moins contournées, dirigées dans divers sens, et qui, étant destinées à figurer des flammes, sont toutes terminées en pointes très-aiguës. Du bassin jusqu'à la galerie, descendent verticalement quatre fortes barres de fer, qui servent d'appui aux marches de l'escalier de même métal, aboutissant au bassin. Une des quatre barres (elle n'a pas moins, à sa base, de 13 centimètres de large, sur 25 millimètres d'épaisseur) est en communication avec les mains courantes en fer de l'escalier, lesquelles descendent jusqu'au sol. Tout le monde retrouvera ici les pointes multiples de certains paratonnerres et le conducteur. Je n'ai pas appris que, dans les cent soixante années qui se sont écoulées depuis 1677, un seul coup de foudre ait frappé le Monument.

Les dégâts faits par la foudre dans la tour de Strasbourg étaient chaque année l'occasion d'une dépense con-

sidérable. Depuis l'époque assez récente où la flèche a été armée d'un paratonnerre, les dégâts sont nuls et la dépense a disparu du budget municipal.

Le 12 juillet 1770, la foudre tomba simultanément, à Philadelphie, sur un sloop dépourvu de paratonnerre, sur deux maisons qui étaient dans le même cas, et sur une troisième maison défendue par un de ces appareils. Dans les quatre points, la détonation parut épouvantable. Les deux premières maisons et le sloop furent gravement endommagés; la maison armée d'un paratonnerre resta parfaitement intacte : on remarqua seulement que la pointe de la tige était fondue dans une assez grande longueur.

En 1813, dans le mois de juin, au port royal de la Jamaïque, le vaisseau *le Norge* et un navire marchand, non munis l'un et l'autre de paratonnerres, furent frappés par la foudre et gravement endommagés. Les autres bâtiments, en grand nombre, que le port renfermait, dont *le Norge* et le navire marchand étaient entourés, n'éprouvèrent aucun dégât : tous ceux-là avaient des paratonnerres.

En janvier 1814, la foudre tomba dans le port de Plymouth. Des nombreux vaisseaux stationnant dans l'hamoase, un seul fut frappé et endommagé. Ce vaisseau, *le Milford*, était aussi le seul qui, dans le moment, ne se trouvât pas armé d'un paratonnerre.

En janvier 1830, dans le canal de Corfou, trois coups de foudre terribles atteignirent le paratonnerre du vaisseau anglais *l'Etna* : le bâtiment n'en éprouva aucun dommage. Les vaisseaux, sans paratonnerres, *le Mada-*

gascar et *le Mosqueto*, placés non loin de *l'Etna*, furent également frappés : sur ces deux derniers navires, il y eut des dégâts considérables.

CHAPITRE LIII.

LES PARATONNERRES A TIGES ÉLANCÉES ET POINTUES ATTIRENT-ILS LA FOUDRE ?

Je viens de prouver que la foudre ne produit point de dégât dans les bâtiments sur lesquels elle tombe, quand ces bâtiments se trouvent armés de bons paratonnerres. Les paratonnerres, pourvu qu'on les multiplie suffisamment, sont des préservatifs à peu près certains. Je ne connais aucun cas où ils se soient montrés inefficaces, sans qu'en même temps des défauts palpables de construction aient été immédiatement découverts. Je ne voudrais pas affirmer, cependant, que de très-rares exceptions fussent absolument impossibles. Si l'existence d'une action puissante des barres métalliques et particulièrement des barres pointues, soit sur la matière fulminante renfermée dans les nuages, soit sur cette même matière quand elle s'est déjà échappée à l'état d'éclair en zigzag, ne peut guère donner lieu à des difficultés sérieuses, il n'en est plus ainsi du cas où la matière de la foudre a pris la forme d'un globe de feu et paraît s'être assimilé des substances pondérables. Ces cas exceptionnels, au surplus, doivent être si rares, qu'ils ne valent pas la peine de nous occuper. Aussi n'est-ce pas de ce côté que les paratonnerres excitent des scrupules ; leur propriété préservatrice n'est plus guère niée ; seulement on

croit qu'à raison du mode d'action qui leur est propre, ils attirent la foudre; on prétend qu'une maison pourvue d'un paratonnerre est plus souvent foudroyée que si le paratonnerre n'y était pas.

Cette opinion, Nollet la soutenait en 1764; Wilson aussi s'en montra le très-ardent avocat; or, comme la garantie du conducteur ne paraissait pas infaillible, la multiplicité des coups, conséquence présumée de l'action de la pointe, devait, suivant ces deux physiciens, anéantir et au delà les bons effets du conducteur. Voilà comment ils arrivèrent à déclarer que les paratonnerres de Franklin étaient plus dangereux qu'utiles.

J'exciterai probablement quelque surprise si j'affirme qu'il y a des indices assez évidents de l'opinion que les paratonnerres à tiges pointues augmentent le nombre des coups foudroyants, même dans les écrits de partisans les plus déclarés de l'invention de Franklin; mais, je le demande, que signifierait sans cela ce précepte de Toaldo: « A l'égard des magasins à poudre, il convient de se tenir sur la défensive, de ne pas placer de pointe sur l'édifice, et de se contenter de mettre toutes les pièces métalliques qu'on y remarque en communication avec le conducteur? » Ce préjugé détourne beaucoup de personnes de recourir aux paratonnerres, par un sentiment analogue à celui qui les tiendrait éloignées d'un épais parapet en terre, contre lequel seraient incessamment dirigés les impuissants boulets d'une batterie; mais il sera renversé de fond en comble si l'on veut seulement prendre la peine d'examiner avec un peu d'attention les faits rapportés dans le chapitre précédent.

Que voyons-nous, en effet, dans l'église de Carinthie? quatre ou cinq coups par an, tant que le paratonnerre n'existe pas, et un coup dans cinq ans après l'établissement de cet appareil.

Dans l'église de Charlestown, la diminution est telle, qu'en quatorze ans il n'y a pas un seul coup foudroyant, tandis qu'à en juger par ce qui arrivait avant que le paratonnerre fût construit, on aurait dû en observer six ou sept.

Au Valentino, les paratonnerres de Beccaria font totalement disparaître les coups foudroyants qui précédemment étaient si communs.

Le Monument, à Londres, quoiqu'il n'ait qu'un paratonnerre accidentel, ne paraît pas avoir été foudroyé en cent soixante ans.

En 1814, à Plymouth, parmi un grand nombre de bâtiments qui séjournaient, comme d'habitude, dans *Hamoade*, l'un des trois ports de cette ville, un seul navire est atteint d'un coup foudroyant, et ce bâtiment est le seul aussi qui n'ait pas de paratonnerre.

Voici, enfin, un cas qui nous présentera, comme disait Fontenelle, la nature sur le fait :

Le 21 mai 1831, pendant un très-violent orage, le vaisseau *le Caledonia* était à la voile dans la baie de Plymouth. De la ville on voyait la foudre se précipiter vers la mer à de médiocres distances du vaisseau ; elle tombait aussi sur le rivage et y occasionnait divers accidents : entouré de tous ces coups foudroyants, *le Caledonia*, armé de ses paratonnerres, n'était jamais atteint, et il naviguait avec la même sécurité que par un ciel serein.

Une maison de campagne, appartenant à la famille du célèbre physicien Macédoine Melloni, est située près du village de Vallera, éloigné d'une petite lieue de la ville de Parme; le belvédère de cette maison est dominé, à la distance de 50 à 60 mètres, par des chênes, des ormes, des frênes et aussi par le clocher de l'église de Vallera. Les habitants de la contrée ne se rappellent pas que cette maison, ainsi que les arbres environnants et l'église, aient jamais été frappés de la foudre avant 1830, époque à laquelle un paratonnerre fut placé sur le sommet du toit qui couvre le belvédère. Mais, dans l'été de 1831, la foudre tomba sur le paratonnerre en question, et avec une telle violence, que la pointe assez épaisse, en cuivre doré, fut entièrement fondue, et le conducteur fortement ébranlé.

Si cette relation, mise en regard du dire de tous les habitants, montre que la tige métallique fut la cause déterminante de la chute de la foudre, elle prouve, de plus, que cette tige, dont le conducteur se rendait dans un puits renfermant toujours une certaine quantité d'eau, remplit parfaitement sa destination, car la maison ne reçut aucun dommage du coup foudroyant qui l'atteignit.

J'ai cité beaucoup de cas, parce qu'en pareille matière rien ne peut suppléer au nombre. Un fait, deux faits isolés, favorables ou contraires à la thèse que j'avais en vue, auraient été sans importance. La cause de la curieuse influence exercée par les paratonnerres, et que nous venons de constater, sera entrevue de tout le monde, en se reportant aux expériences de Beccaria sur le nombre

prodigieux d'étincelles que, dans des temps orageux, les tiges aiguës du Valentino enlevaient silencieusement aux nuages. Au surplus, clair ou obscur sous le rapport théorique, le fait n'en est pas moins certain : les paratonnerres n'ont pas seulement pour effet de rendre les coups foudroyants inoffensifs ; par leur influence, le nombre de ces coups est, en outre, considérablement réduit.

CHAPITRE LIV.

DES MOYENS DE PRÉVENIR LES COUPS FOUDROYANTS QUI POURRAIENT FRAPPER LES MONUMENTS ÉLEVÉS, TELS QUE LA COLONNE DE LA PLACE VENDÔME ET L'OBÉLISQUE DE LOUQSOR.

Cette question a été vivement débattue à l'époque où l'obélisque de Louqsor fut recouvert, dans sa partie supérieure, d'un pyramidion formé d'une composition pierreuse artificielle et destinée à remplacer celui que l'action subite de la foudre ou l'action lente d'autres météores atmosphériques avaient mutilé.

Nous allons parcourir succinctement les arguments qu'on allégua de part et d'autre.

Parlons d'abord de la colonne de la place Vendôme. Cette colonne est revêtue, dans toute sa hauteur, d'une enveloppe métallique épaisse : on peut donc l'assimiler à un paratonnerre de dimensions colossales. La matière de la foudre, en tombant sur une portion quelconque de la statue dont la colonne est surmontée, doit se répandre aussitôt sur toutes les parties métalliques qui constituent le monument, et diminuer par là d'intensité dans une immense proportion ; en arrivant à la base de la colonne,

le courant de matière fulminaire, devenu à peine sensible, trouvera un écoulement suffisant dans les pierres humides qui composent le piédestal, et ensuite dans le pavé de la place. On peut donc affirmer que, dans ce cas particulier, un paratonnerre ne produirait aucun effet utile.

Passons maintenant à l'obélisque de Louqsor. Supposons qu'au pyramidion actuel dont on a surmonté le monument, on substitue un pyramidion en métal; qu'à chacun de ses angles correspondants à ceux de l'obélisque soit attachée une corde métallique descendant jusqu'au sol, ce qui n'altérera pas l'aspect monumental du monolithe, et ne cachera aucune partie des inscriptions hiéroglyphiques dont ses faces sont couvertes. Supposons, pour répondre à toutes les difficultés, que les quatre cordes dont il vient d'être parlé soient prolongées à travers la bâtisse du piédestal jusqu'au terrain humide, et toutes les conditions correspondant à un bon paratonnerre se trouveront satisfaites; on pourra affirmer que l'obélisque ne courra aucun risque, quelle que soit l'intensité des orages qui l'assailliront un jour.

La bonté de cette solution n'était pas contestée; on disait seulement que le monolithe, par sa masse, pouvait se passer de toute protection artificielle, sans réfléchir qu'alors même que le dégât se réduirait à l'enlèvement de quelque éclat du monument primitif, l'événement pourrait avoir des conséquences fâcheuses pour l'art et pour les études archéologiques futures. Argumenter, pour se rassurer, de la masse de l'obélisque, c'est ne pas se souvenir des faits que la science a enregistrés, c'est oublier ce que nous avons déjà dit de la roche de 32 mètres

de long et de 3 mètres de large qui fut arrachée par un coup de foudre, en Écosse, vers le milieu du siècle dernier, c'est ne tenir aucun compte de l'opinion populaire qui, suivant M. Mérimée, attribue à un coup de foudre la chute et la rupture des fragments du grand menhir de Locmariaker. Remarquons que ces deux fragments réunis pèsent 250,000 kilogrammes.

CHAPITRE LV.

PHÉNOMÈNES PRODUITS PAR L'ÉLECTRICITÉ ARTIFICIELLE; DE LEUR RESSEMBLANCE AVEC LES PHÉNOMÈNES ENGENDRÉS PAR LA MATIÈRE DE LA FOUDRE.

L'ambre jaune, lorsqu'il a été frotté, attire vivement les corps légers, tels que des barbes de plume, des brins de paille, de la sciure de bois. Théophraste, parmi les Grecs, Pline, chez les Romains, citèrent déjà cette propriété, mais sans paraître y attacher plus d'importance qu'à un simple accident de forme ou de couleur; ils ne se doutaient pas qu'ils venaient de toucher au premier anneau d'une longue chaîne de découvertes; ils méconnurent l'importance d'une observation dont les modernes ont fait jaillir tout un monde de faits, aussi curieux par leur singularité qu'importants par les conséquences qu'on en a déduites : on les a appelés phénomènes électriques, du mot *electron*, par lequel les Grecs désignaient l'ambre.

Les corps terrestres peuvent être partagés en deux classes, eu égard à la possibilité d'y développer de l'électricité par voie de frottement. Ainsi le verre, la résine, l'ambre, le succin, etc., deviennent facilement électriques,

lorsqu'on les frotte. Un de nos compatriotes, membre de l'Académie des sciences, Dufay, reconnut qu'il y avait des différences essentielles entre l'électricité qui se développe à la surface du verre et celle qui, dans des circonstances analogues, fait son apparition sur la surface des résines : la première de ces électricités porte le nom d'électricité vitrée ou positive, la seconde a été appelée l'électricité résineuse ou négative.

Supposons qu'une baguette électrisée résineusement soit mise en présence d'une baguette à la surface de laquelle on a excité l'électricité vitrée, on verra à l'instant un trait de feu s'élancer d'une baguette sur l'autre, avec cette particularité remarquable que le trait lumineux en question, au lieu d'être droit, affectera la forme en zigzag prononcée. Les mêmes phénomènes se montreront, quoique avec un peu moins d'intensité, les distances restant les mêmes, lorsqu'une baguette non électrisée sera mise en présence d'une baguette électrisée positivement ou négativement.

Si l'une des baguettes est terminée en pointe et se présente par cette portion à la baguette électrisée, cette dernière perd l'électricité; mais, dans ce cas, les manifestations lumineuses sont beaucoup moins tranchées. Toutes ces circonstances se retrouvent de point en point dans les phénomènes qu'offre la matière fulminante naturelle : voyez, par exemple, l'expérience de Beccaria, page 337, dans laquelle le pouvoir tout à fait particulier des pointes est rendu évident.

A l'aide de l'électricité artificielle, on fond des fils métalliques plus et moins longs et plus ou moins gros,

suivant la force de la machine employée; ces phénomènes, dans leur ensemble et dans leurs détails, ressemblent parfaitement aux phénomènes de fusion produits par la foudre, que nous avons décrits avec de nombreux détails (chap. XVIII, XX, XXI).

Si un trait lumineux est produit dans une masse d'air, ce trait acquiert exactement les mêmes propriétés, soit qu'il naisse spontanément dans le fluide, soit qu'il provienne de quelques combinaisons particulières; ainsi, il se développera la même odeur dans les deux circonstances; ainsi, la fusion que le trait engendre sera la même dans les deux cas; ainsi, la plaque métallique que le trait ira frapper sera également percée d'une ou de deux ouvertures dans les deux cas, etc., etc., etc. Il n'est qu'une circonstance dans laquelle le physicien ne sait pas engendrer ce que la nature produit avec tant de facilité : il ne sait pas donner naissance au tonnerre en boule; il ne sait pas produire ces agglomérations sphériques de matière, lesquelles se meuvent avec lenteur, sans perdre la propriété de fulminer les corps. Il y a à ce sujet, dans la science, une lacune qu'il serait très-important de combler. Au reste, quoi qu'il puisse résulter des recherches qui seront entreprises à ce sujet, il est dès ce moment un point parfaitement établi, c'est que l'électricité ordinaire et l'électricité artificielle sont généralement une seule et même chose.

M. Müncke rapporte qu'un homme d'une force peu ordinaire, ayant reçu accidentellement, à travers le bras et le thorax, la charge d'une batterie qui n'avait cependant pas plus de 18 décimètres carrés de surface, tomba

et resta dans un état d'insensibilité complète pendant une heure.

Franklin reconnut qu'on peut, avec l'électricité artificielle accumulée dans deux jarres de 27 litres de capacité, tuer un dindon.

Ces deux exemples, rapprochés des cas nombreux dans lesquels nous avons vu la matière de la foudre tuer des hommes et des animaux, montrent l'analogie ou plutôt la parfaite identité des deux matières.

CHAPITRE LVI.

DU RÔLE DE LA FOUDRE DANS LA NATURE.

En parlant dans le chapitre XVII (p. 93) des modifications chimiques que la foudre fait subir à l'air atmosphérique, nous avons dit que les expériences de Cavendish faites en petit, dans le laboratoire, sur la production de l'acide nitrique à l'aide de l'azote et de l'oxygène de l'air, se combinant sous l'influence de l'électricité, devaient faire supposer que la foudre produit le même acide en sillonnant d'immenses étendues de l'atmosphère. Nous avons ajouté que quelques analyses de M. Liebig sur des pluies d'orage avaient démontré la vérité de cette conclusion. Plus récemment M. Barral, en analysant, mois par mois, toutes les eaux de pluie recueillies pendant deux années à l'Observatoire de Paris, a donné une plus haute idée de l'importance du rôle du passage de la matière de la foudre à travers les régions aériennes. M. Barral a trouvé constamment du nitrate d'ammoniaque dans les

eaux moyennes de chaque mois de l'année, c'est-à-dire même pour des époques où il ne tonne pas à Paris. Ce résultat n'a rien de contraire à l'origine électrique du nitrate d'ammoniaque [1], car d'après les résultats que nous avons réunis dans cette Notice, on doit reconnaître qu'il n'y a probablement pas un seul jour de l'année où l'on puisse dire qu'il n'a pas tonné ou éclairé en quelque lieu de la terre. Or, les nuages qui se résolvent en pluie à Paris, ont parcouru des régions dont il ne nous est pas permis de limiter l'étendue. Quand on considère le rôle important des sels ammoniacaux dans la végétation, on n'est pas éloigné de penser que peut-être l'explication des jachères est liée au passage de la matière de la foudre à travers l'atmosphère, que son dégagement soit lent, sans donner de lumière ou d'étincelles visibles, ou qu'il soit accompagné d'éclairs et de tonnerre.

Nous avons vu qu'il y a des localités où il tonne beaucoup plus souvent que dans des lieux peu éloignés. On sait aussi que les nitrières naturelles, que les grottes salpêtrées ne se rencontrent que dans des terrains particuliers. Il serait intéressant de chercher si les lieux où le salpêtre se forme dans des sols contenant d'ailleurs les alcalis terreux nécessaires à sa composition, ne sont pas dans des conditions spéciales relativement au dégagement de l'électricité atmosphérique; si, par exemple, il n'y tonne pas d'une manière exceptionnelle.

1. L'ammoniaque, formée, comme on sait, d'hydrogène et d'azote, peut elle-même provenir de la même cause électrique qui, décomposant l'eau atmosphérique, donnerait de l'hydrogène dans cet état que les chimistes appellent *état naissant* et qui est spécialement convenable pour sa combinaison avec l'azote de l'air.

CHAPITRE LVII.

SUR LA THÉORIE DE LA FOUDRE.

Nous pensons être parvenu à montrer l'identité de l'électricité ordinaire de nos laboratoires et de l'électricité atmosphérique. Mais il reste à expliquer d'où vient l'immense quantité de matière de la foudre qui circule avec tant d'abondance dans les temps d'orage à travers tous les corps, et qui s'est accumulée en certains nuages pour faire tout à coup explosion avec des effets si divers. Ce sujet est digne de l'attention de tous les amis des sciences, et nous n'avons jamais cessé de le placer parmi les objets sur lesquels devaient spécialement porter les instructions données aux voyageurs et aux météorologistes. Dans le cours de notre Notice sur le tonnerre, nous avons eu soin de montrer les points nombreux sur lesquels il était nécessaire de réunir un plus grand nombre d'observations. Nous placerons seulement ici l'indication de quelques particularités que nous avons cru devoir recommander soit aux officiers de *la Bonite*, pour le voyage de circumnavigation que ce navire a accompli en 1836 et 1837, soit aux expéditions scientifiques du Nord et de l'Algérie.

§ 1er. — Des lieux où il ne tonne jamais.

Nous avons dit que probablement il y avait en pleine mer des lieux où il ne tonne jamais. En Norvége, assure-t-on, les orages deviennent d'autant plus rares qu'on

s'éloigne davantage des côtes maritimes. S'il fallait s'en rapporter à quelques voyageurs, il y aurait déjà, sous ce rapport, des différences notables entre l'entrée et le fond de chacune des immenses baies dont le pays est sillonné. C'est un sujet d'observations bien digne de l'attention des météorologistes.

§ 2. — Électricité près des cascades.

En 1786, Tralles trouva près de la cascade du Staubbach, que la pluie extrêmement fine qui s'en détachait donnait des signes manifestes d'électricité négative. Le Reichenbach lui offrit les mêmes phénomènes. Volta, peu de temps après, vérifia l'exactitude de l'observation de Tralles, non-seulement sur la cascade de Pissevache, mais encore partout où une chute d'eau, quelque insignifiante qu'elle fût, donnait lieu, par l'intermédiaire du vent, à la dispersion de petites gouttelettes. Comme à Tralles, l'électricité lui parut toujours négative.

Le physicien de Berne attribua d'abord l'électricité de la poussière d'eau dont toutes les grandes cascades sont entourées au frottement des gouttelettes sur l'air. Bientôt après il vit, avec Volta, la véritable cause de cette électricité dans l'évaporation que les mêmes gouttelettes éprouvent en tombant. Cette explication a été combattue par M. le professeur Belli. Sans nier que l'évaporation puisse avoir un certain effet dans le phénomène, M. Belli réserve le rôle principal à l'action que l'électricité atmosphérique doit exercer sur l'eau courante. L'eau, dit-il, sera par influence, par induction, à l'état négatif, quand l'atmosphère se trouvera, comme c'est l'ordinaire,

chargée d'électricité positive. Au moment où cette eau se divisera en mille gouttelettes, elle ne pourra manquer de porter l'électricité dont l'induction de l'atmosphère l'avait imprégnée, sur tous les objets qu'elle rencontrera.

La théorie de M. le professeur Belli est susceptible d'une épreuve qui, d'un seul coup, en *démontrera* l'exactitude ou la fausseté. Si elle est vraie, l'électricité du nuage dont les cascades sont entourées n'aura pas toujours le même signe : elle sera négative si l'atmosphère est positive; on la trouvera positive, au contraire, quand les nuages seront négatifs. Ce sont donc des observations faites dans des temps orageux et non par un ciel serein, qui permettront de choisir entre la théorie de Volta et celle de M. Belli.

§ 3. — Explication des transports occasionnés par la foudre.

Nous avons eu l'occasion de citer (p. 219 et 249) les expériences de M. Fusinieri, qui a étudié les effets de la foudre sous un point de vue entièrement neuf.

Suivant ce physicien, les étincelles électriques provenant des machines ordinaires, que nous voyons traverser l'air, contiennent du laiton en fusion et des molécules incandescentes de zinc, quand elles émanent d'un conducteur en laiton; si les étincelles partent d'une boule d'argent, elles contiennent des particules impalpables d'argent. Une sphère en or donne naissance, de la même manière, à des étincelles qui, pendant leur trajet dans l'atmosphère, renferment de l'or fondu, etc., etc.

Dans le centre de toutes ces étincelles, il y a des molécules seulement fondues; mais sur le contour exté-

rieur, les parcelles métalliques éprouvent une combustion plus ou moins forte par leur contact avec l'oxygène de l'atmosphère.

Lorsqu'une étincelle provenant d'une boule d'or traverse une plaque d'argent même assez épaisse, on aperçoit sur les deux surfaces de cette plaque, au point d'entrée et au point de sortie du jet électrique, une couche circulaire d'or dont l'épaisseur doit être bien petite, puisque la volatilisation naturelle suffit pour la faire disparaître en entier au bout de quelque temps. Suivant M. Fusinieri, ces deux taches métalliques se forment aux dépens de l'or en fusion que contient l'étincelle électrique. Le dépôt sur la première face n'aurait rien d'extraordinaire; mais en adoptant pour la tache de la surface de sortie l'explication du physicien italien, on est obligé d'admettre que l'or disséminé dans l'étincelle primitive a traversé avec elle, du moins en partie, toute l'épaisseur de la plaque d'argent.

Il n'est sans doute pas nécessaire d'ajouter qu'une étincelle sortant d'une boule de cuivre donne lieu à des phénomènes analogues.

L'étincelle qui émane d'un certain métal n'abandonne pas seulement une partie des molécules dont elle était d'abord imprégnée quand elle va traverser un autre métal : elle se charge encore, aux dépens de celui-ci, de molécules nouvelles. M. Fusinieri assure même qu'à chaque passage de l'étincelle il s'opère des échanges réciproques entre les deux métaux en présence; que si l'étincelle, par exemple, part de l'argent pour se porter sur le cuivre, il n'y a pas seulement transport du premier

métal sur le cuivre, mais aussi transport du cuivre sur l'argent. Je n'insisterai pas davantage sur ces phénomènes; je ne les ai même cités ici qu'afin de montrer que les étincelles de nos machines ordinaires contiennent des matières pondérables.

M. Fusinieri prétend qu'il existe de semblables matières dans la foudre; qu'elles y sont aussi à l'état de grande division, d'ignition et de combustion. Suivant ce physicien, des matières transportées sont la véritable cause des odeurs passagères que laisse le tonnerre partout où il éclate, comme aussi des dépôts pulvérulents dont demeurent entourées les fractures à travers lesquelles la matière électrique s'ouvre un passage. Ces dépôts, jusqu'ici beaucoup trop négligés des observateurs, ont offert à M. Fusinieri du fer métallique, du fer à divers degrés d'oxydation, et du soufre. Les taches ferrugineuses laissées sur les murs des maisons pourraient, à la rigueur, provenir du fer dont la foudre se serait chargée aux dépens de celui qui fait partie des bâtisses de tout genre; mais que dirait-on des taches sulfureuses de ces mêmes murs, et surtout des taches ferrugineuses qu'on trouve en rase campagne sur les arbres foudroyés. M. Fusinieri se croit donc autorisé à conclure de ses expériences que l'atmosphère renferme à toute hauteur, ou du moins jusqu'à la région des nuées orageuses, du fer, du soufre, et d'autres matières sur la nature desquelles l'analyse chimique est restée jusqu'ici muette; que l'étincelle électrique s'en imprègne et qu'elle les transporte à la surface de la terre, où elles vont former de très-minces dépôts autour des points foudroyés.

Cette manière nouvelle d'envisager les phénomènes électriques mérite assurément d'être suivie avec l'exactitude que comporte l'état actuel de la science. Tous ceux qui seront témoins de la chute de la foudre feront donc une chose très-utile en recueillant avec soin la matière noire ou colorée que le fluide électrique semble avoir déposée sur toutes les parties de sa route où il a dû y avoir des changements brusques de vitesse. Une analyse chimique scrupuleuse de ces dépôts peut conduire à des découvertes inattendues et d'une grande importance.

ÉLECTRO-MAGNÉTISME[1].

I.

DES RECHERCHES FAITES EN FRANCE AVEC LA PILE.

Les premières lignes que j'ai écrites sur l'électricité m'ont été suggérées par un passage de la *Bibliothèque universelle* de Genève, à l'occasion des expériences galvaniques de M. Children. Je reproduis ici ces lignes insérées dans les *Annales de chimie et de physique* de 1816, parce qu'elles montrent le peu de fondement des reproches prématurés qu'on a faits à une grande nation comme la France, de ne pas s'efforcer toujours de tirer parti de toutes les découvertes nouvelles pour donner aux sciences une impulsion constamment active.

Voici donc ce que j'ai dit en 1816 :

« Les rédacteurs de la *Bibliothèque universelle* ont fait précéder le compte qu'ils viennent de rendre (cahier de février 1816) des expériences galvaniques que M. Children a publiées dans le dernier volume des *Transactions philosophiques*, d'un paragraphe dont voici la substance :

« Une somme assez considérable fut accordée en France,
« il y a quelques années pour la construction d'un appa-
« reil voltaïque qui serait mis à la disposition des chimistes
« les plus habiles. On dut espérer des merveilles de

1. Œuvre posthume.

« cette belle dotation; l'effet s'en réduisit à cette sorte de « galvanisme moral, à une de ces secousses d'opinion « que le chef du gouvernement visait toujours à pro- « duire.... Et nous n'avons pas *ouï dire*, continuent-ils, « que la science y ait plus gagné que l'art ne profita du « million promis à l'inventeur de la meilleure machine à « filer le lin ou le chanvre. Ce n'est pas en dehors du « savant ou de l'artiste qu'il faut chercher le principe « vivifiant du génie et générateur des découvertes; c'est « dans l'âme, dans le caractère personnel de l'individu « que gît ce feu sacré, etc. . . . . CHILDREN, « simple particulier de Londres, etc. »

« Ce passage, dans lequel on réduit ainsi à zéro, d'un trait de plume, les expériences des deux chimistes français, MM. Gay-Lussac et Thénard, à qui fut confiée la grande pile de l'École polytechnique, aurait été sans doute parfaitement bien placé dans la *Bibliothèque britannique;* mais j'avoue que le nouveau titre qu'on vient de donner à ce journal me faisait espérer plus d'impartialité. Puisque les rédacteurs n'ont jamais *ouï dire* que la science ait tiré aucun profit de cet instrument, je suis bien aise de leur apprendre ou de leur rappeler qu'il existe un ouvrage en deux volumes de MM. Gay-Lussac et Thénard, qui remonte à l'année 1811; que cet ouvrage, qui a pour titre : *Recherches physico-chimiques faites sur la pile*, etc., renferme un chapitre très-étendu sur les causes qui font varier l'énergie d'une batterie galvanique; sur la mesure de ses effets; sur l'influence qu'exerce, suivant sa nature, le liquide contenu dans les auges ou dans le récipient; sur les variations d'intensité qui peuvent

dépendre du nombre et de la surface des plaques employées, etc. Il ne m'appartient pas de fixer la place que ce travail peut mériter; mais assurément on ne pourra s'empêcher de trouver étrange que MM. les rédacteurs attaquent aussi amèrement et d'une manière si gratuite des recherches qui se rattachent à l'une des questions les plus délicates de la physique, à moins qu'on ne leur suppose l'intention de produire à leur tour, chez l'étranger, une secousse de galvanisme moral! Quoi qu'il en soit, je ne doute pas que MM. les rédacteurs n'eussent mieux rempli l'attente des lecteurs de tous les pays, qui s'intéressent véritablement au progrès des sciences, s'ils avaient substitué au paragraphe injurieux qui a occasionné ces remarques, quelques détails sur les effets qu'on peut attendre des piles de grandes dimensions; sur les circonstances de leur construction qui les rendent propres à produire tel ou tel autre genre de phénomènes; sur le peu de durée de leur action; sur les dépenses considérables qu'elles entraînent; sur les petites quantités de réactifs qu'elles fournissent, etc.; s'ils avaient rappelé que, dans quelques circonstances, l'action bien dirigée des agents chimiques ordinaires produit des effets qu'on ne peut obtenir par le galvanisme; et ici serait venue se placer naturellement l'indication des tentatives infructueuses que le célèbre Davy avait faites pour décomposer l'acide boracique avec la pile, à côté des procédés purement chimiques qui conduisirent MM. Gay-Lussac et Thénard à cette découverte importante, etc. Puisqu'on supposait que l'intéressant Mémoire de M. Children ne pouvait se passer d'un préambule, il aurait été, ce me

semble, de toute justice de rappeler que déjà l'influence des grandes surfaces des éléments de la pile avait été indiquée et appréciée en France, depuis plus de dix ans, dans un travail qui est dû à MM. Thénard et Hachette, et qui a été imprimé par extrait dans le 11e cahier du *Journal de l'École polytechnique*, etc. L'examen de toutes ces questions aurait, il est vrai, exigé d'assez longues recherches; mais n'est-il pas convenable que ceux qui veulent exercer une espèce de magistrature sur les sciences prennent la peine de les étudier, et qu'ils ne distribuent pas la louange ou le blâme d'après des *ouï-dire*.

« Je serais bien tenté de demander à MM. les rédacteurs de la *Bibliothèque universelle* où ils ont appris que l'étude des sciences physiques est tombée en France dans un grand discrédit (voyez leur 2e numéro, p. 85); mais pour le moment, je n'ajouterai plus qu'un mot, et ce sera qu'ils étaient très-mal informés en annonçant que les travaux des mécaniciens qui se sont occupés de la filature du lin n'ont produit aucun résultat utile. M. Molard, dont sûrement ils ne révoqueraient pas le témoignage, leur aurait épargné cette assertion hasardée s'ils s'étaient donné la peine de le consulter. »

On sait aujourd'hui combien ont été fructueux les efforts de Philippe de Girard en ce qui concerne la filature du lin. Pour ce qui a rapport à l'emploi de la pile, n'est-ce pas chez nous qu'on a trouvé presque tous les phénomènes qui ont permis de faire rentrer les lois magnétiques dans celles de l'électricité? Ampère n'a-t-il pas créé l'électro-dynamique?

II.

AIMANTATION DU FER ET DE L'ACIER PAR L'ACTION DU COURANT VOLTAÏQUE.

Dans les procès-verbaux des séances du Bureau des longitudes, on lit ce qui suit à la date du 20 septembre 1820 : « M. Arago parle d'une nouvelle expérience, de laquelle il résulte que la pile voltaïque aimante le fer doux. »

Le 25 septembre, je rendis compte de mes expériences à l'Académie des sciences, et plusieurs mois avant que sir Humphry Davy lût un Mémoire sur ce sujet à la Société royale de Londres, le *Moniteur* parla de la découverte que j'avais faite, dans les termes suivants :

« M. Arago annonce avoir remarqué que le fil conjonctif qui établit la communication entre les deux pôles de la pile de Volta, se charge de limaille de fer comme le ferait un aimant. Ce fil n'agit donc pas seulement sur les aiguilles déjà aimantées, mais il développe encore le magnétisme dans le fer qui n'a pas été soumis à une aimantation préalable. Aussi, des aiguilles de boussole non aimantées sont-elles déviées par l'action du fil conjonctif. »

Mes expériences ont eu pour point de départ la brillante découverte d'Œrsted, qui m'a été communiquée, en 1810, à Genève, par Pictet. Cette découverte, quelque singuliers que pussent en paraître les résultats, ne pouvait laisser aucun doute dans l'esprit des savants; cependant je fus heureux que M. le professeur de La Rive, qui

a lui-même découvert des phénomènes curieux avec les puissantes piles voltaïques qu'il possède, voulût bien me permettre d'assister à la vérification qu'il fit, dans son laboratoire de Genève, des expériences d'Œrsted devant MM. Prévost, Pictet, de Saussure, Marcet, de Candolle, etc., j'ai pu me convaincre moi-même de l'exactitude des résultats principaux donnés par le savant danois, savoir : 1° qu'un fil métallique en communication avec les deux pôles de la pile agit sur l'aiguille aimantée ; 2° que la nature de cette action dépend, sinon de la position de la pile, du moins de la direction dans laquelle les fluides positif et négatif se meuvent dans le fil conducteur, relativement aux pôles de l'aiguille ; 3° *que si le fil conducteur est placé au-dessous de l'aiguille, il produira une déviation en sens inverse de celle qu'il occasionnait quand il était au-dessus.* M. de La Rive a fait les expériences, tantôt en tenant l'aiguille seule sous le récipient d'une machine pneumatique, tantôt en y plaçant à la fois l'aiguille et le fil conducteur : les résultats ont toujours été les mêmes.

Œrsted n'avait trouvé que l'action exercée par le courant voltaïque sur une aiguille d'acier *préalablement aimantée*. En répétant les expériences du physicien danois, j'ai reconnu que ce même courant développe fortement *la vertu magnétique* dans des lames de fer ou d'acier qui d'abord en étaient totalement privées. Voici comment j'exposai ma découverte dans les *Annales de chimie et de physique* (t. XV, p. 94 et suiv.), en 1820 :

« Je rapporterai, disais-je, les expériences qui éta-

blissent ce résultat, dans l'ordre, à fort peu près, où elles ont été faites.

« Ayant adapté un fil cylindrique de cuivre assez fin, à l'un des pôles de la pile voltaïque, je remarquai qu'à l'instant où ce fil était en communication avec le pôle opposé, il attirait la limaille de fer doux, comme l'eût fait un véritable aimant.

« Le fil, plongé dans la limaille, s'en chargeait également tout autour, et acquérait, par cette addition, un diamètre presque égal à celui d'un tuyau de plume ordinaire.

« Aussitôt que le fil conjonctif cessait d'être en communication avec les deux pôles de la pile *à la fois*, la limaille se détachait du fil et tombait.

« Ces effets ne dépendaient pas d'une aimantation préalable de la limaille, puisque des fils de fer doux ou d'acier n'en attiraient aucune parcelle.

« On les expliquerait tout aussi peu, en les attribuant à des actions électriques ordinaires; car, en répétant l'expérience avec des limailles de cuivre et de laiton, ou avec de la sciure de bois, on trouve qu'elles ne s'attachent, dans aucun cas, d'une manière sensible au fil conjonctif.

« Cette attraction, que le fil conjonctif exerce sur la limaille de fer, diminue fort rapidement à mesure que l'action de la pile s'affaiblit. Peut-être trouvera-t-on, un jour, dans le poids de la quantité de limaille soulevée par une longueur donnée de fil, la mesure de l'énergie de cet instrument, aux différentes époques d'une même expérience.

« L'action du fil conjonctif sur le fer s'exerce à distance : il est facile de voir, en effet, que la limaille se soulève bien avant que le fil soit en contact avec elle.

« Je n'ai parlé jusqu'ici que d'un fil conjonctif de laiton; mais des fils d'argent, de platine, etc., donnent des résultats analogues. Il reste toutefois à étudier si, à parité de forme, de masse ou de diamètre, des fils de différents métaux agissent exactement avec la même intensité.

« Le fil conjonctif ne communique au fer doux qu'une aimantation momentanée ; si l'on se sert de petites parcelles d'acier, on leur donne, parfois, une aimantation permanente. Je suis même parvenu à aimanter ainsi complétement une aiguille à coudre. »

Le fil conjonctif de cuivre est doué, comme on voit, d'une vertu magnétique très-intense, tant qu'il communique avec les deux pôles de la pile. Il m'est arrivé plus d'une fois de lui trouver encore des traces de cette propriété quelques instants après que la communication entre les deux pôles avait été totalement interrompue ; mais ce phénomène est très-fugitif, et je n'ai pu le reproduire à volonté, M. Boisgiraud, qui s'est occupé de la même question, n'a pas été plus heureux que moi, quoique, dans un cas, le fil de platine dont il se servait eût conservé assez de force, après avoir été tout à fait isolé de la pile, pour supporter une petite aiguille à coudre.

III.

AIMANTATION D'UNE AIGUILLE AU MOYEN DU PASSAGE DU COURANT ÉLECTRIQUE EN HÉLICE.

Ampère, à qui je montrais les expériences que je viens de rapporter dans le chapitre précédent, venait de faire l'importante découverte que deux fils rectilignes et parallèles, à travers lesquels passent deux courants électriques, s'attirent quand les courants se meuvent dans le même sens, et se repoussent quand ils sont dirigés en sens contraires; il avait de plus tiré de là, par analogie, cette conséquence que les propriétés attractives et répulsives des aimants dépendent de courants électriques qui circulent autour des molécules du fer et de l'acier, dans une direction perpendiculaire à la ligne qui joint les deux pôles. Ampère supposait encore que sur une aiguille horizontale dirigée au nord, le courant dans la partie supérieure se mouvait de l'ouest à l'est. Ces vues théoriques lui suggérèrent à l'instant la pensée qu'on obtiendrait une plus forte aimantation en substituant au fil conjonctif droit dont je m'étais servi, un fil plié en hélice au centre de laquelle l'aiguille d'acier serait placée; il espérait de plus qu'on obtiendrait par là une position constante des pôles, ce qui n'arriverait pas dans ma méthode. Voici comment nous avons soumis, Ampère et moi, ces conjectures à l'épreuve de l'expérience.

Un fil de cuivre roulé en hélice était terminé par deux portions rectilignes qui pouvaient s'adapter, à vo-

lonté, aux pôles opposés d'une forte pile voltaïque horizontale; une aiguille d'acier, enveloppée de papier, fut introduite dans l'hélice, mais après seulement que la communication entre les deux pôles eut été établie, afin que l'effet qu'on attendait ne pût pas être attribué à la décharge électrique, qui se manifeste à l'instant même où le fil conjonctif aboutit aux deux pôles. Pendant l'expérience, la portion de ce fil, dans laquelle l'aiguille d'acier était renfermée, demeura constamment perpendiculaire au méridien magnétique, en sorte qu'on n'avait rien à craindre de l'action du globe terrestre.

Or, après quelques minutes de séjour dans l'hélice, l'aiguille d'acier avait reçu une assez forte dose de magnétisme; la position des pôles nord et sud se trouva d'ailleurs parfaitement conforme au résultat qu'Ampère avait déduit, à l'avance, de la direction des éléments de l'hélice, et de l'hypothèse que le courant électrique parcourt le fil conjonctif en allant de l'extrémité zinc de la pile à l'extrémité cuivre.

Il semble donc prouvé, d'après ces expériences, que si un fil d'acier est aimanté par un courant galvanique qui le parcourt longitudinalement, la position des pôles n'est pas uniquement déterminée par la direction du courant; et que des circonstances légères presque inappréciables, telles, par exemple, qu'un faible commencement d'aimantation, une légère irrégularité dans la forme ou dans la texture du fil, peuvent changer tout à fait les résultats; tandis que si le courant galvanique circule autour de l'acier, le long des spires d'une hélice, on

pourra toujours prévoir, à l'avance, où viendront se placer les pôles nord et sud.

En réfléchissant, toutefois, sur les discordances singulières que les expériences d'aimantation *par des décharges électriques*, ont présentées aux physiciens qui se sont occupés de cette recherche, il me semblait nécessaire de soumettre à des épreuves plus décisives les phénomènes des courants en hélice. Le lecteur va juger si nous avons atteint ce but.

J'imaginai d'abord de former, avec un fil de cuivre, deux hélices symétriques[1], chacune de 5 centimètres environ, et séparées par une partie rectiligne du même fil; les spires de l'une des hélices tournaient dans un sens; celles de l'autre dans le sens contraire, mais avec des inclinaisons pareilles; les diamètres étaient égaux. Un fil d'acier renfermé dans un petit tube de verre fut déposé dans la première hélice; je plaçai ensuite un fil parfaitement semblable au précédent, et garanti aussi de toute décharge électrique par une enveloppe vitreuse, dans

1. Ces hélices symétriques sont semblables à celles que les botanistes ont désignées par les mots *dextrorsum* pour l'une, et *sinistrorsum* pour l'autre. Leurs diamètres sont égaux; les spires qui les composent ont des inclinaisons pareilles; mais elles ne peuvent jamais être superposées, de quelque manière qu'on les présente l'une à l'autre : en sorte qu'un renversement quelconque ne les fait pas changer d'espèce. L'hélice tournée *dextrorsum* est celle que la nature nous offre dans un grand nombre de plantes grimpantes; c'est aussi presque la seule qu'on emploie dans les arts.

Le cylindre d'acier renfermé dans une hélice *dextrorsum* acquiert un pôle austral (celui qui se dirige au nord) du côté négatif, ou cuivre, du fil conducteur; tandis que ce même pôle se formera du côté positif, ou zinc, si l'on se sert de l'hélice *sinistrorsum*. Ces résultats sont conformes à la théorie d'Ampère.

l'hélice voisine ; un petit bout de fil de cuivre établissait une communication constante entre cette dernière hélice et le pôle positif de la pile; dès lors, pour commencer l'expérience, il suffisait d'attacher au pôle négatif le fil qui partait de l'extrémité de la seconde hélice : or, à l'instant où cette communication avait lieu, l'électricité accumulée au pôle positif de l'instrument s'écoulait par la partie droite du fil conjonctif, atteignait la première hélice, suivait graduellement toutes ses spires, arrivait à la seconde hélice par le fil droit qui la séparait de la précédente, et après l'avoir parcourue, se rendait au pôle négatif. Les deux fils d'acier se trouvaient donc soumis l'un et l'autre, durant l'expérience, à l'action d'un courant galvanique de même force; ce courant, en masse, se mouvait dans une seule direction; mais s'il circulait de gauche à droite autour du premier fil, ce même mouvement s'exécutait de droite à gauche autour du second. Or, dans toutes les expériences de ce genre que nous avons faites chez Ampère avec une pile assez forte qu'il possédait, il a suffi de ce simple changement dans le sens suivant lequel le courant circulait autour des fils d'acier, pour donner lieu à une inversion complète des pôles : en sorte que les deux fils renfermés dans les deux hélices symétriques étaient, au même instant, aimantés en sens contraire.

IV.

POINTS CONSÉQUENTS PRODUITS DANS L'AIMANTATION DES FILS D'ACIER PAR DES COURANTS EN HÉLICE.

Je pliai le fil de cuivre en hélice, de droite à gauche, sur une longueur de 5 centimètres; ensuite de gauche à droite, sur une longueur égale; puis enfin, une seconde fois, de droite à gauche : ces trois hélices étaient séparées par des portions rectilignes du même fil.

Un seul et même fil d'acier, suffisamment long, de plus d'un millimètre de diamètre, et enveloppé d'un tube de verre, fut placé dans les trois hélices à la fois. Le courant galvanique, en parcourant les spires de ces diverses hélices, aimanta les portions corresponantes du fil d'acier, comme si elles avaient été séparées les unes des autres. Je remarquai, en effet, qu'à l'un des bouts se trouvait un pôle nord; à 5 centimètres de distance, un pôle sud; plus loin, un second pôle sud suivi d'un pôle nord; enfin, un troisième pôle nord, et à 5 centimètres de là ou à l'autre extrémité de l'aiguille, un pôle sud. On pourrait donc, par cette méthode, multiplier à volonté ces pôles intermédiaires que les physiciens ont désignés par le nom de *points conséquents.*

Je dois faire remarquer cependant qu'en général, dans ces expériences, l'influence des hélices s'exerce non-seulement sur les portions de fil d'acier qu'elles renferment, mais encore sur des parties voisines; en sorte, par exemple, que si l'intervalle compris entre les hélices

consécutives est petit, les portions du fil d'acier, correspondantes à ces intervalles, seront elles-mêmes aimantées, comme si le mouvement de rotation imprimé au fluide magnétique, suivant l'idée d'Ampère, par l'influence d'une hélice, se continuait au delà des dernières spires.

Ayant cherché à découvrir quelles étaient les circonstances qui faisaient varier la position des pôles, lorsque des fils d'acier étaient parcourus longitudinalement par un courant galvanique, j'ai trouvé invariablement, même avec une pile très-active, que si le fil conjonctif est parfaitement droit, un fil d'acier placé dessus n'en reçoit aucun magnétisme. L'aiguille à coudre dont je m'étais servi dans mes premières expériences avait, il est vrai, acquis des pôles; mais alors les effets dépendants de la forme du fil conjonctif n'étaient pas connus, et pour maintenir plus facilement l'aiguille, j'avais un peu enroulé le fil autour de ses extrémités.

V.

PRINCIPE DES TÉLÉGRAPHES ÉLECTRIQUES.

On voit que j'ai prouvé en 1820, immédiatement après la publication en France du Mémoire d'Œrsted, que le fil conjonctif développe à distance la vertu magnétique dans des lames de fer ou d'acier.

Il faut pour cela que ces lames soient placées transversalement au courant.

Je pourrais dire ici que nous nous assurâmes, Ampère

et moi, que la vertu magnétique développée par le fil est très-forte lorsqu'on le fait circuler autour d'une spirale, enroulant à distance et plusieurs fois les lames qu'on veut aimanter.

S'il est vrai que les expériences qui constatèrent l'exactitude de ce résultat furent faites conjointement par mon ami et par moi, je dois déclarer que c'est Ampère qui, conduit par ses idées théoriques, conçut la possibilité de cette augmentation de force.

Le développement momentané du magnétisme dans une masse de fer doux par l'action du courant voltaïque, est le principe sur lequel repose le mode d'action de la plupart des télégraphes électriques.

VI.

PROJET D'EXPÉRIENCE SUR LE MAGNÉTISME DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.

A la suite du Mémoire qui précède sur l'aimantation du fer et de l'acier par l'action à distance du courant voltaïque, j'ai fait les observations qui suivent :

« Il existe, à l'Institution royale de Londres, une pile voltaïque composée de 2,000 doubles plaques de 10 centimètres en carré. En se servant de ce puissant appareil, sir Humphry Davy a reconnu qu'il se produit une décharge électrique entre deux pointes de charbon adaptées aux extrémités des conducteurs positif et négatif, alors même que ces pointes sont encore distantes l'une de l'autre de 6 à 8 dixièmes de millimètre. Le premier effet de la décharge est de rougir le charbon : or, aussitôt que l'in-

candescence est établie, les pointes peuvent être graduellement éloignées jusqu'à 10 centimètres, sans que pour cela la lumière intermédiaire se rompe. Cette lumière est extrêmement vive et plus large dans son milieu qu'à ses extrémités : elle a la forme d'un arc.

« L'expérience réussit d'autant mieux que l'air est plus raréfié. Sous une pression de 6 millimètres, la décharge d'une pointe de charbon à l'autre commençait à la distance de 13 millimètres; ensuite, en éloignant graduellement les charbons, sir Humphry Davy obtint une flamme pourpre continue et qui avait jusqu'à 18 centimètres de longueur.

« Il est sans doute très-naturel de supposer qu'un seul courant électrique agira sur l'aiguille aimantée tout comme s'il se mouvait le long d'un fil conjonctif métallique. Néanmoins, l'expérience me semble mériter d'être recommandée aux physiciens qui ont à leur disposition des piles voltaïques d'une grande force, surtout à cause des vues qu'elle peut faire naître relativement aux aurores boréales. Ne serait-ce pas d'ailleurs, indépendamment de toute application immédiate, un phénomène digne de remarque que la production dans le vide ou dans de l'air très-raréfié, d'une flamme qui, agissant sur l'aiguille aimantée, serait à son tour attirée ou repoussée par les pôles d'un aimant ? »

L'expérience que je signalais ainsi à l'attention du monde savant, Davy la fit quelque temps après la publication de la Note précédente, et elle a été répétée plus tard, avec des soins particuliers, par M. de La Rive (de Genève), qui pense que l'aimant mis en présence de l'arc

lumineux ne repousse pas ou n'attire pas le courant électrique lui-même, mais seulement les particules de carbone transportées d'un pôle à l'autre et traversées par le courant.

VII.

AIMANTATION PAR L'ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ ORDINAIRE.

Le procès-verbal de la séance du 6 novembre 1820, de l'Académie des sciences, porte « que j'ai annoncé verbalement avoir produit, à l'aide de l'électricité ordinaire, tous les phénomènes d'aimantation que j'avais déjà observés en me servant de l'électricité voltaïque. » Le *Moniteur* du 10 novembre fait mention de mes expériences dans les termes suivants :

« M. Arago a annoncé qu'il avait aimanté des fils d'acier en les plaçant dans des tubes de verre enveloppés par des hélices de fil métallique le long desquelles il a fait passer des étincelles électriques, ce qui présente une nouvelle analogie entre les modes d'action des électricités ordinaire et voltaïque. Les pôles nord et sud, dans cette expérience, se formaient à l'une ou l'autre extrémité des fils, suivant le sens du courant et celui des spires de l'hélice. M. Arago produisait autant de points conséquents qu'il changeait de fois le sens de cette hélice sur la longueur du fil, ainsi qu'il l'avait déjà fait au moyen d'une pile voltaïque. Il a remarqué, en outre, que l'hélice n'avait plus d'action sur le fil d'acier dès que celui-ci était en dehors, lors même qu'il la touchait. »

On voit que ces phénomènes dans lesquels l'aimanta-

tion est obtenue par une action à distance, doivent être soigneusement distingués des expériences sans résultats concordants que firent jadis Wilke [1], Franklin [2], d'Alibard [3], Beccaria [4], Van Swinden [5], Van Marum [6], sur l'aimantation d'aiguilles d'acier à travers lesquelles ils faisaient passer l'étincelle.

Franklin parle de l'aimantation produite par la décharge électrique dans une lettre datée du 27 juillet 1750. Il se servait, pour ces expériences, d'aiguilles à coudre, *à travers lesquelles* il faisait passer la décharge provenant de quatre grandes jarres de verre. Voici ses résultats :

Le magnétisme est à son maximum, pour une décharge donnée, si l'aiguille est située du nord au sud ; le minimum a lieu dans la direction est-ouest.

Si l'aiguille est placée de l'est à l'ouest au moment de la décharge, le bout par lequel entrera le feu électrique se trouvera au nord quand l'aiguille sera suspendue.

Si l'aiguille, au moment de l'explosion, est placée du nord au sud, son bout nord, quand on l'aura suspendue, restera encore dirigé au nord, soit que le feu ait pénétré par ce bout ou par l'extrémité opposée.

Si ce résultat était vrai, l'électricité ne pourrait jamais

1. *Mémoires de l'Académie de Suède*, t. XXVIII.
2. Franklin, *on Electricity*, etc., p. 91, édit. de 1769.
3. *Expériences sur l'électricité*, traduites par d'Alibard, tome II, p. 135, 144 et 145.
4. Beccaria, *dell' Elettricismo artificiale*, § 731, 732, 733.
5. Van Swinden, *Analogie de l'électricité et du magnétisme*, t. I, p. 492 et suivantes.
6. Van Marum, *Description d'une très-grande machine électrique*, etc., t. I, p. 168 et suivantes.

changer les pôles d'une aiguille de boussole quand elle est dans sa position naturelle : on sait cependant que la foudre produit cet effet.

Dans ma Notice sur le tonnerre, j'ai parlé (chap. xxv, p. 133) de l'aimantation par la foudre; j'ajouterai ici deux faits dont il n'a pas été question alors.

Le tonnerre tomba dans la boutique d'un horloger, à Saint-André en Dauphiné, en août 1739, et brisa une lime à 19 centimètres du manche; la partie détachée avait 11 centimètres de long et s'était assez fortement aimantée pour enlever des clefs; on s'en servit pour communiquer le magnétisme à un couteau.

Le fragment de 11 centimètres fut brisé en deux. L'une des deux parties attirait le fer par ses deux bouts; l'autre (celle où se trouvait la pointe de la lime) n'attirait que dans le voisinage de la fracture (*Trans. philos.*, vol. XLI, p. 614-615).

Plusieurs physiciens ont remarqué qu'une lame d'acier s'aimante quand on la rompt ou quand on la brise; or, la lime de l'horloger ayant été brisée, on ne pourrait pas conclure du fait précédent, s'il était unique, que la foudre, comme telle, est capable d'aimanter l'acier.

Franklin parle, dans une de ses lettres en date du 27 juillet 1750, de la relation, écrite par le capitaine Waddel, sur les effets produits à bord de son bâtiment par un coup de foudre : quelques-unes de ses aiguilles de boussole *avaient perdu tout leur magnétisme;* dans d'autres, les pôles furent changés, et la pointe nord se tourna vers le sud.

VIII.

DU MAGNÉTISME DE ROTATION.

La première publication que j'ai faite de cette découverte est ainsi mentionnée dans le procès-verbal de la séance du 22 novembre 1824 de l'Académie des sciences :

« M. Arago communique verbalement les résultats de quelques expériences qu'il a faites sur l'influence que les métaux et beaucoup d'autres substances exercent sur l'aiguille aimantée, et qui a pour effet de diminuer rapidement l'amplitude des oscillations sans altérer sensiblement leur durée. »

J'avais reconnu, en déterminant avec mon ami Alexandre de Humboldt l'intensité magnétique sur la pente de la colline de Greenwich, en 1822, que l'aiguille de déclinaison mise en mouvement atteint plus tôt le repos quand elle est placée dans sa boîte que quand elle est éloignée de tous corps étrangers. Cette remarque m'avait semblé devoir mener à des conséquences importantes sur la généralité des phénomènes magnétiques jusqu'alors circonscrits et comme isolés au milieu de la science. Je n'ai jamais cessé de me préoccuper de cet ordre d'idées, et aujourd'hui encore, alors que je ne vois plus et que je ne peux plus observer, il me semble que beaucoup de recherches sont encore à tenter dans la voie que j'ai ouverte, malgré l'explication en apparence satisfaisante qui a été donnée par Faraday d'une partie des phénomènes que j'ai découverts.

Le 7 mars 1825, j'ai fait sur ce sujet une nouvelle

communication à l'Académie des sciences; elle est ainsi mentionnée dans les *Annales de chimie et de physique* (t. XXVIII, p. 325) :

« M. Arago met sous les yeux de l'Académie un appareil qui montre sous une forme nouvelle l'action que les corps aimantés et ceux qui ne le sont pas exercent les uns sur les autres.

« Dans ses premières expériences, M. Arago avait prouvé qu'une lame de cuivre ou de toute autre substance solide ou liquide, placée au-dessous d'une aiguille aimantée, exerce sur cette aiguille une action qui a pour effet immédiat d'altérer l'amplitude des oscillations, sans changer sensiblement leur durée. Le phénomène dont il a entretenu l'Académie est, pour ainsi dire, l'inverse du précédent. Puisqu'une aiguille en mouvement est arrêtée par une plaque en repos, M. Arago a pensé qu'il s'ensuivait qu'une aiguille en repos serait entraînée par une plaque en mouvement. Si l'on fait tourner, en effet, une plaque de cuivre, par exemple, avec une vitesse déterminée, sous une aiguille aimantée renfermée dans un vase fermé de toutes parts, l'aiguille ne se place plus dans sa position ordinaire : elle s'arrête hors du méridien magnétique, et d'autant plus loin de ce plan, que le mouvement de rotation est plus rapide. Si ce mouvement de rotation est suffisamment prompt, l'aiguille, à toute distance de la plaque, tourne sur elle-même d'une manière continue autour du fil auquel elle est suspendue. »

Après la publication de ma découverte et de mes expériences, que je répétai devant un grand nombre de personnes, plusieurs physiciens anglais, suisses, italiens,

étudièrent les mêmes phénomènes; leurs recherches confirmèrent en général mes résultats. Cependant, il se trouve, dans le numéro de la *Bibliothèque universelle* de janvier 1826, un Mémoire de MM. Léopold Nobili et Bacelli, de Modène; ce Mémoire renferme diverses expériences en opposition directe avec quelques-unes des miennes, et qui tendraient à faire admettre qu'il n'est pas vrai que tous les corps de la nature exercent une action particulière et fort intense sur une aiguille aimantée en mouvement. Le mérite reconnu de ces savants m'a imposé le devoir de ne pas laisser leurs assertions sans réponse, et j'ai réfuté leurs expériences dans le tome XXXII des *Annales de chimie et de physique* (p. 213, 1826), et tout à l'heure je reproduirai mes explications. Cependant je dois repousser certaines objections que, dans le temps, j'ai attribuées à M. Brewster, dans qui j'ai pu, plus tard, reconnaître un véritable amour des sciences. Ce que j'ai écrit subsiste, mais je ne l'adresse plus au savant illustre, devenu associé étranger de l'Académie des sciences et mon ami.

Ceux qui reconnaissent un nouveau fait dans les sciences d'observation doivent s'attendre qu'on le niera d'abord; que plus tard son importance, son utilité, seront contestées; viendra ensuite le chapitre de la priorité; alors des passages insignifiants, obscurs, inaperçus jusque-là, arriveront en foule comme des preuves manifestes de l'ancienneté de la découverte. Je m'étais flatté, pour ma part, d'échapper à ce dernier débat, et cela, bien moins à cause du soin avec lequel j'avais cherché, dans les ouvrages des physiciens, les observations qui pouvaient se rattacher à mes expériences, qu'en songeant à la

distinction flatteuse que la Société royale de Londres avait daigné leur accorder. Je me trompais cependant : un journal d'Edinburgh me l'a appris; voici ce que je lis dans le numéro 7 de ce journal : « Peu de branches des sciences modernes doivent exciter un plus vif intérêt que celle qui traite de l'influence de la rotation sur les phénomènes magnétiques. Nous sommes fiers (*proud*) de penser que cette découverte remarquable a été faite premièrement dans notre propre pays; et qu'à l'exception d'un petit nombre d'importantes expériences faites en France, elle a été exclusivement suivie par les membres de la Société royale. »

La décision, comme on voit, est claire, positive, tranchante. Ce genre de mérite se trouve souvent dans le journal d'Edinburgh; quant à l'exactitude et à la vérité, on les remarque moins fréquemment. Je crois toutefois que l'écrivain écossais n'en avait jamais fait abstraction d'une manière plus formelle que dans le passage qu'on vient de lire : quelques dates vont le prouver.

Le 22 novembre 1824, je communiquai à l'Académie des sciences les expériences relatives à l'influence qu'un corps métallique ou de toute autre nature en repos, exerce sur les aiguilles aimantées qui oscillent à peu de distance de sa surface. Cette expérience fut consignée les 23 et 24 novembre, dans la plupart des journaux de la capitale. Elle est même rapportée, d'après une lettre de Paris, dans le numéro du journal d'Edinburgh qui a paru le 1er janvier 1825.

Quant à l'expérience de l'entraînement de l'aiguille en repos par une plaque métallique en mouvement, elle a été

communiquée à l'Académie des sciences, comme on l'a vu plus haut, le lundi 7 mars 1825; elle a été effectuée en faisant tourner avec des vitesses diverses une plaque métallique sous une aiguille placée dans une cage de verre, et séparée de la plaque en mouvement par une membrane, pour la défendre de toutes les agitations de l'air. L'horloge qui donnait le mouvement était entièrement en cuivre. Cet appareil est aujourd'hui dans tous les cabinets de physique. Mais il faut remarquer que l'expérience nouvelle n'est que celle du 22 novembre sous une forme différente; elle s'en déduit par ce principe de mécanique, admis généralement, que la réaction est égale à l'action. La rotation sert à étudier les phénomènes toutes les fois qu'on a besoin de très-grandes vitesses; les oscillations s'emploient de préférence quand il faut opérer sur des liquides ou sur des poussières. Les conséquences, d'ailleurs, sont les mêmes dans les deux cas. Passons maintenant aux dates des Mémoires anglais.

M. Barlow a déposé, à la Société royale, son Mémoire sur la modification qu'éprouve le magnétisme d'une sphère de fer en rotation, le 14 avril 1825; ce Mémoire n'a été lu que le 5 mai.

La lecture du Mémoire de M. Christie est du 12 mai 1825.

Le Mémoire de MM. Babbage et Herschel, dont l'écrivain du journal d'Edinburgh n'a sans doute pas voulu parler dans sa Note, puisque les auteurs ont eu la bonté de l'intituler : *Répétition des expériences de M. Arago*, est du 16 juin 1825.

L'écrivain écossais n'a donc plus qu'un moyen d'établir

la priorité dont il gratifie si bénévolement ses compatriotes : c'est de prouver que le 22 novembre 1824 et le 7 mars suivant sont postérieurs aux 5 et 12 mai 1825.

M. Barlow annonce avoir commencé ses expériences sur les effets de la rotation d'une sphère de fer, dans le mois de décembre 1824 ; décembre vient après novembre, ainsi je n'ai personnellement aucun intérêt à contester cette date ; je maintiendrai seulement, en thèse générale, qu'une publication, par quelque voie que ce soit, est le seul titre qu'on doive admettre dans l'histoire des sciences, quoique je me prive par là de l'avantage de prouver que les résultats dont il est question dans cette note avaient été communiqués à un grand nombre de savants français et anglais près de deux ans avant que j'en parlasse à l'Académie. Du reste, ce mois de décembre, indiqué par M. Barlow lui-même, dans tout ce qu'il a écrit, comme l'époque où ses expériences ont commencé, ne convient déjà plus à l'écrivain écossais ; voici, en effet, ce qu'on lit dans le numéro 8 du journal d'Edinburgh, publié en avril 1826 :

« Vers (*about*) le mois de novembre 1824, l'expérience de M. Barlow dans laquelle il produisait une certaine déviation de l'aiguille magnétique, par l'influence d'une sphère de fer tournant sur elle-même, devint l'objet de la conversation à la Société royale, etc. »

M. Barlow a dit qu'il n'avait commencé à s'occuper des phénomènes produits par la rotation du fer qu'en décembre, et c'est vraiment fâcheux, puisque novembre est la date de ma première publication ! Comment échapper à cette difficulté ? Le problème paraissait embarrassant ;

on voit cependant que l'écrivain écossais l'a résolu d'une manière très-ingénieuse : il lui a suffi, pour cela, d'oublier que le dernier mois de l'année avait un nom; décembre est décidément un mot qu'il n'écrira plus jamais; à quoi bon, en effet? Les dates qui se rapportent à ce mois ne sont-elles pas plus convenablement définies par cette formule : vers (*about*) le mois de novembre?

Je suis vraiment peiné de voir un savant descendre à de si misérables expédients. Emporté par une aveugle passion qu'il décore peut-être du nom d'esprit national, il n'a pas même remarqué que, dans cette circonstance, les erreurs volontaires auxquelles il souscrit et qu'il cherche à propager, ne le conduiraient pas à son but. Si quelque chose, en effet, peut justifier l'insigne faveur dont mes expériences ont été l'objet à la Société royale de Londres, c'est la preuve qu'elles fournissent de l'immense agrandissement qu'éprouvent les propriétés magnétiques des corps, soit quand ils se meuvent sous une aiguille en repos, soit quand une aiguille oscille à une petite distance de leur surface; or, cette conséquence ne découle en aucune manière du travail de M. Barlow[1]. Afin de vivre en paix avec quelques-uns de mes détracteurs, je consens donc volontiers à ce qu'on imprime

1. Voici, textuellement, la conséquence que M. Barlow a déduite de ses expériences :

« Quand on imprime un mouvement rapide de rotation à une masse de fer, autour d'une ligne qui ne coïncide pas avec l'axe magnétique (produit par l'influence de la terre), il en résulte un dérangement temporaire dans les facultés magnétiques de la masse, équivalent à ce qu'amènerait un nouvel axe de polarisation perpendiculaire au plan passant par l'axe primitif et par celui de rotation. » (*Trans.*

désormais, contre l'évidence des faits, que les expériences du professeur de Woolwich ont été commencées vers le mois de novembre, et même, pour peu qu'on le désire, vers le mois d'octobre.

J'arrive maintenant aux expériences relatives à l'action réelle exercée par tous les corps de la nature sur l'aiguille aimantée en mouvement, action niée par des physiciens italiens.

« MM. Nobili et Bacelli ont fait osciller, disent-ils, des aiguilles aimantées au-dessus de substances non métalliques..... sans trouver de différence appréciable entre les oscillations que faisaient les aiguilles au-dessus des disques et hors de leur influence. » (P. 48.)

Si les physiciens de Modène avaient donné la distance qui séparait leur aiguille du plateau non métallique, et le nombre d'oscillations qu'ils ont comptées, je pourrais peut-être assigner la cause de l'erreur dans laquelle ils sont tombés; tout ce que je puis faire, c'est d'opposer à leur dénégation des mesures exactes, et d'indiquer les circonstances dans lesquelles on les a obtenues; le paragraphe qui suit est extrait de mon journal d'expériences :

Je suspends une aiguille aimantée, horizontalement sur de l'eau, et je l'écarte de 53° de sa position naturelle;

philos., p. 326.) La formation du nouvel axe provient « de ce que le fer, à cause de sa force coercitive, conserve jusqu'à un certain degré les pôles par influence que la terre lui a communiqués, etc. » (P. 323.) L'expérience, comme on voit, est, sous une forme mieux adaptée aux mesures, celle des physiciens qui, après avoir dévié une aiguille horizontale à l'aide d'une barre de fer verticale, essayaient si après un *retournement subit* de la barre, la déviation s'effectuerait encore au premier moment dans le même sens.

abandonnée ensuite à elle-même, cette aiguille oscille de part et d'autre du méridien magnétique, dans des arcs de moins en moins étendus; je cherche à saisir le moment où la demi-amplitude n'est plus que de 43°, et je compte combien il y a eu d'oscillations depuis le départ.

Quand la distance de la face inférieure de l'aiguille à l'eau est de $0^{mill.}.65$, il se perd 10° en 30 oscillations; à $52^{mill.}.2$ de distance, il faut, pour la même perte, 60 oscillations.

On ne peut pas se tromper sur une semblable différence. J'ajoute qu'elle serait plus grande encore si l'amplitude au départ avait été de 90°. Voici les résultats que la même aiguille a donnés en la plaçant sur de la glace (eau gelée) :

	millimètres.		
De 53° à 43°, à	0.70	de distance. . . .	26 oscillations.
De 53° à 43°, à	1.26	—	34 —
De 53° à 43°, à	30.50	—	56 —
De 53° à 43°, à	52.20	—	60 —

Sur un plan de verre (*crown-glass*), avec une autre aiguille :

	millimètres.		
De 90° à 41°, à	0.91	de distance, il s'écoule	122 oscillations.
De 90° à 41°, à	0.99	—	180 —
De 90° à 41°, à	3.04	—	208 —
De 90° à 41°, à	4.01	—	220 —

Ainsi, loin que les effets magnétiques des substances non métalliques, telles que l'eau, la glace, le verre, etc., soient inappréciables, comme l'annoncent à tort MM. Nobili et Bacelli, on voit qu'ils ont assez d'intensité pour qu'on doive espérer qu'en faisant l'expérience avec *tous*

les soins convenables, on pourra rendre sensible même l'action des gaz comprimés.

« Il suit des expériences de Coulomb, disent encore MM. Nobili et Bacelli, que toutes les substances donnent quelques signes de magnétisme; cela tendrait à faire croire que, pour découvrir dans les corps les plus faibles traces de magnétisme, la méthode de ce physicien doit être préférée à celle de M. Arago, comme plus sûre. »

J'observe : 1° que Coulomb n'avait étendu ses essais à aucun liquide; que même sa méthode ne le lui eût pas permis; que, dès lors, le procédé dont je me suis servi pour mettre en évidence les propriétés magnétiques de l'eau a une utilité, un caractère, tout particuliers; 2° que les traces de magnétisme aperçues par ce célèbre physicien étaient si faibles, qu'on pouvait les attribuer, comme lui-même l'a reconnu, à la présence de quelques particules ferrugineuses dont l'analyse chimique la plus exacte ne manifesterait pas l'existence. Je dois maintenant ajouter que mes expériences n'ont aucun rapport avec le travail de Coulomb : les vertus magnétiques qu'elles manifestent sont d'une tout autre nature que celles qu'on mesure en faisant osciller des aiguilles entre deux barreaux aimantés. Quelques nouveaux faits, que je rapporterai bientôt, ne laisseront, je pense, aucun doute à cet égard; je dirai seulement ici que MM. Nobili et Bacelli auraient pu le reconnaître eux-mêmes, d'après leurs propres expériences. Voici, en effet, les valeurs des déviations produites par des disques de différente nature tournant avec la même vitesse au-dessous d'une aiguille aimantée

horizontale, telles qu'on les trouve dans le Mémoire des physiciens de Modène :

Le disque de cuivre produit	55° de déviation.
Le zinc.	14°
Le laiton.	11°
L'étain.	10°
Le plomb.	8°

L'ordre d'intensités magnétiques, résultant des observations de Coulomb, serait, en allant aussi du grand au petit :

Plomb, étain, argent, cuivre et or ;

c'est précisément l'inverse de ce que donnent les expériences de déviation.

Tous les physiciens, en y comprenant MM. Nobili et Bacelli, qui se sont occupés des phénomènes auxquels le magnétisme des corps en mouvement donne naissance, les ont d'abord expliqués à fort peu près de la même manière : Si une aiguille, ont-ils dit, est suspendue horizontalement sur un plateau métallique indéfini, il doit se former sous chaque pôle de l'aiguille, sous le pôle nord par exemple, un pôle de nom contraire ou attractif, provenant de la décomposition du fluide neutre du plateau. Quand, ensuite, ce plateau tournant sur lui-même, le pôle attractif est entraîné dans le sens de la rotation, un nouveau pôle semblable se forme sous l'aiguille, pour être aussi entraîné à son tour, et ainsi de suite. Supposons maintenant que ces pôles par influence naissent presque instantanément et qu'ils aient besoin de quelque temps pour disparaître, l'aiguille sera alors précédée d'une série

de pôles tous attractifs, et qui la dévieront de sa position ordinaire dans le sens du mouvement du plateau.

Cette explication [1] s'était aussi présentée à mon esprit quand je communiquai, pour la première fois, les expériences de rotation à l'Académie; je n'en fis cependant aucune mention : une hypothèse qui ne rendait compte que du sens du déplacement de l'aiguille, ne me paraissait pas reposer sur des fondements suffisamment solides. Ce qu'il fallait surtout prouver, à mon avis, c'est qu'un plateau de cuivre, qui, dans l'état de repos, dévie à peine une aiguille aimantée d'une seule seconde, peut, par le seul fait de son mouvement et à la même distance, l'entraîner de 90° et plus; j'avouerai franchement que cette épreuve, je ne l'avais pas trouvée. Au reste, j'ai tout lieu de m'applaudir de ma réserve : de nouveaux essais m'ont en effet montré que l'hypothèse en question est, je ne dis pas seulement insuffisante, mais de plus directement contraire aux résultats de l'expérience; en voici la démonstration en peu de mots :

Les pôles sud que le pôle nord de l'aiguille sème, pour ainsi dire, suivant la théorie de MM. Herschel, Babbage, Nobili, Prévost, etc., sur le contour d'un plateau de cuivre tournant, doivent évidemment, par leur action combinée, attirer ce pôle nord et tendre à le rapprocher du plateau; je me suis assuré, au contraire, que la composante, perpendiculaire au plateau de toutes les forces

1. C'est notre confrère M. Duhamel qui a, je crois, donné le premier l'explication dont il s'agit. Sa lettre à l'Académie a été lue le lundi 27 décembre 1824, et imprimée par extraits dans quelques journaux du surlendemain.

auxquelles son mouvement donne naissance, est une force répulsive ! En effet, qu'on suspende, à l'aide d'un fil, un aimant fort long, dans une direction verticale, au fléau d'une balance ; qu'on l'équilibre à l'aide de poids, d'une nature quelconque, placés du côté opposé ; si l'on fait ensuite tourner un plateau de cuivre sous l'aimant, l'équilibre ne subsistera plus ; l'aimant semblera être devenu plus léger ; il se soulèvera : le plateau, enfin, le repoussera.

L'expérience peut se faire plus aisément encore à l'aide d'une aiguille d'inclinaison. Quand le plan d'une telle aiguille est exactement dirigé vers le centre du disque tournant que je suppose toujours horizontal, si l'aiguille est horizontale elle-même, tout mouvement de rotation autour de l'axe qui la traverse ne peut évidemment résulter que d'une force perpendiculaire au disque : or, si nous supposons qu'un seul des pôles de l'aiguille corresponde verticalement au plateau, nous trouverons, comme dans l'expérience de l'aimant vertical suspendu, que pendant le mouvement de rotation ce pôle est constamment soulevé.

L'action qu'un disque métallique, circulaire, horizontal et tournant sur son centre, exerce sur l'un des pôles d'une aiguille aimantée, peut être décomposée en trois forces : la première, verticale ou perpendiculaire au disque ; la seconde, horizontale et perpendiculaire au plan vertical qui contient le rayon aboutissant à la projection du pôle de l'aiguille ; la troisième, dirigée parallèlement au même rayon. La première est répulsive, comme on vient de le voir ; la seconde est la force tangentielle qui

donne le mouvement de rotation aux aiguilles horizontales; on peut étudier les propriétés de la troisième en se servant d'une aiguille d'inclinaison, placée verticalement et de manière que son axe de rotation soit contenu dans un plan perpendiculaire à l'un des rayons du disque : dans cette position, l'aiguille ne se mouvra qu'en vertu de la composante dirigée vers le centre.

Concevons qu'une semblable aiguille corresponde verticalement au centre du disque tournant; le mouvement de rotation, comme de raison, ne la déviera pas. Il existe un second point, plus voisin du bord que du centre, et dans lequel la verticalité de l'aiguille se conserve aussi. Entre ces deux points, le pôle inférieur est constamment attiré vers le centre, quelle que soit la vitesse de rotation; plus loin, il est repoussé. L'action est encore sensible et répulsive quand la direction verticale de l'aiguille prolongée est déjà au delà du contour circulaire du disque. Je pourrais demander comment cette force répulsive, dirigée suivant le rayon, se déduirait de l'action des pôles attractifs distribués sur la face supérieure du métal, si je n'avais déjà prouvé l'insuffisance de cette théorie, par le seul fait de l'existence d'une force répulsive perpendiculaire au disque tournant.

Faraday, en 1832, a fait voir le premier, en se servant d'un galvanomètre dont les fils étaient placés sur les diverses parties de disques métalliques mobiles au-dessus desquels était un aimant fixe, qu'il y a, dans ces disques métalliques, des courants induits par l'aiguille aimantée, et on a pensé tirer de là l'explication *complète* de *tous* les phénomènes que j'avais découverts. Je ne

partage pas cette opinion. À la date du 25 septembre 1844, j'ai fait part de mes doutes au bureau des longitudes; voici ce que contient, à ce sujet, le procès-verbal de la séance :

« M. Arago rappelle les expériences qu'il a faites, il y a fort longtemps, sur la diminution d'amplitude qu'éprouvent les oscillations d'une aiguille aimantée, quand ces oscillations s'opèrent à une petite distance d'une lame de verre, de glace (eau gelée) ou de la surface d'une couche liquide. M. Arago cite les circonstances de ses expériences, desquelles il résulte que, dans le cas particulier du verre, de la glace ou des liquides, le phénomène ne dépend pas d'une *induction*. M. Arago a cru ne pouvoir l'attribuer qu'à une condensation de l'atmosphère à la surface des corps. Il indique les expériences qu'il se propose d'entreprendre pour mettre ce résultat hors de toute contestation. »

Ce n'est pas que je prétende que l'électricité ne joue le rôle principal dans les phénomènes dont il s'agit; mais je dis qu'on ne peut les expliquer complétement par la naissance des courants aussitôt disparus que nés à la surface seulement de corps qui, dans cette hypothèse, devraient nécessairement être très-bons conducteurs du fluide électrique qu'on fait circuler rapidement à leur surface. Je n'ai pas été le dernier à montrer que, dans les phénomènes de rotation, l'électricité et le magnétisme produisent des effets analogues. En 1845, j'ai dû réclamer contre une inexactitude qui, à cet égard, s'était propagée dans le monde scientifique, sur la foi d'un des hommes les plus illustres de notre époque.

Dans son bel ouvrage, Faraday, dont l'amitié m'est si précieuse, attribue à Ampère la découverte du mouvement que prend un fil parcouru par un courant voltaïque, quand il est placé horizontalement à quelque distance d'un disque métallique rotatif. Voici comment les faits doivent être rétablis :

J'ai pensé, vers le commencement du mois d'août 1826, que mes expériences de rotation devaient être renouvelées en substituant des courants aux aiguilles magnétiques. N'ayant pas de pile, je priai mon ami Ampère de faire monter l'appareil dans le cabinet de physique du Collége de France. Le répétiteur, M. Ajasson de Grandsagne, prit les dispositions nécessaires; mais le jour où l'on fit le premier essai, au moment même où le fil commençait à s'ébranler, l'axe rotatif du plateau se brisa. Comme je partais le lendemain pour les Pyrénées, j'autorisai Ampère à continuer l'expérience. M. Colladon présida à la reconstruction de l'instrument, et y introduisit des perfectionnements importants. Cette fois, le fil s'ébranla presque à l'instant même où le plateau de cuivre commença à tourner. Ampère s'empressa de me transmettre le résultat obtenu.

Ces explications ne me semblèrent pas d'abord nécessaires; car, en publiant l'expérience, Ampère eut soin de me citer. Cependant, puisque la Note de l'illustre et si regrettable physicien a trompé un homme tel que Faraday, il ne me paraît pas inutile de mettre la lettre d'Ampère sous les yeux du public. Je n'en citerai que ce passage :

Paris, 1er septembre 1826.

« Vous verrez dans cette Note que j'ai soin de dire que l'idée de cette expérience vous appartient exclusivement.

« Il me reste, mon cher et excellent ami, à vous rappeler que vous m'avez promis, si cette expérience réussissait, de défendre ma théorie comme la vraie explication des phénomènes. En la joignant à tout le reste et aux calculs du Mémoire qui s'imprime dans ceux de l'Académie, je ne vois pas ce qu'on pourrait encore m'objecter.

« J'ai aussi à vous prier, si vous trouvez la Note que je vous envoie comme elle doit être, d'écrire à M. Savary de l'insérer telle qu'elle est dans les *Annales de Chimie et de Physique*, sauf tous les changements ou additions que vous êtes parfaitement libre d'y faire, puisque l'expérience a été imaginée par vous. »

J'ajouterai, car ceci n'a jamais été imprimé dans son entier, qu'immédiatement après mon retour à Paris, je répétai avec les courants les expériences déjà faites avec des aiguilles, et qu'elles eurent les mêmes résultats quant à la direction des forces en se servant de disques pleins, et quant à leur affaiblissement en se servant de disques coupés.

Je viens de prononcer le mot de disques coupés. Je dois saisir cette occasion pour répéter ici les mêmes observations que j'ai déjà faites en 1845, en offrant à l'Académie des sciences une brochure de mon ami M. de Haldat, intitulée : *Histoire du magnétisme dont les phéno-*

mènes sont rendus sensibles par le mouvement. Une inexactitude a échappé au savant secrétaire de l'Académie de Nancy. Dans son ouvrage, M. de Haldat rappelle, pages 11 et 42, que les disques métalliques tournants perdent une grande partie de leur puissance lorsqu'on y a pratiqué des solutions de continuité dans la direction des rayons. Ce fait, dès l'origine, parut capital ; il montrait que les phénomènes du magnétisme en mouvement ne dépendent pas d'actions purement moléculaires. Mais M. de Haldat commet une erreur en attribuant la découverte de ce fait à MM. Herschel et Babbage ; dans les Mémoires qu'ils ont publiés, les deux savants anglais déclarent que leurs expériences avec des disques ont été faites à l'imitation de celles de M. Arago : *after M. Arago*, disent MM. Herschel et Babbage (voir le tome CXV des *Transactions philosophiques*, p. 480).

Pour décider la question de la cause de l'influence exercée par une aiguille magnétique en mouvement sur tous les corps, et réciproquement par tous les corps en mouvement sur une aiguille aimantée en repos librement suspendue, il faut étudier ce qui se passe avec les substances réputées les moins conductrices de l'électricité, telles que la résine ou la gomme laque par exemple. Il faut voir, en outre, si, à de très-petites distances des corps non conducteurs, distances du même ordre que celles auxquelles on fait osciller les barreaux magnétiques, des barreaux de laiton, ayant absolument les mêmes formes et les mêmes dimensions que ceux-ci, ne seraient pas influencés dans leurs oscillations par une condensation

de l'air atmosphérique à la surface des corps. Ces sortes d'expériences ont été entreprises à ma demande par deux de mes amis, MM. Laugier et Barral. J'ai rendu un compte verbal des résultats obtenus à l'Académie des sciences, dans la séance du 7 mars 1853. Dans l'état de santé où je me trouve aujourd'hui, je ne peux plus espérer voir ce travail poussé jusqu'à ses dernières limites. Je dois donc me contenter de consigner ici les résultats numériques constatés, et de les rapprocher de ceux que j'avais moi-même obtenus lorsque mes forces et l'état de ma vue me permettaient d'observer.

A cause de la rapidité de la diminution de l'amplitude des oscillations d'une aiguille de cuivre qui ne se meut que sous l'influence de la torsion d'un fil de platine, il a fallu apporter un changement à la méthode que j'employais. Il était nécessaire que les oscillations du barreau de cuivre eussent une vitesse au moins égale à celle des oscillations d'un barreau aimanté, et un fil de torsion assez court et d'un assez fort diamètre pouvait seul être employé. En conséquence, MM. Laugier et Barral ont dû chercher quelle était la diminution d'amplitude produite pour un nombre déterminé d'oscillations. J'opérais, au contraire, comme on a pu le voir par les chiffres que j'ai cités plus haut, en comptant le nombre d'oscillations effectuées pendant que l'amplitude des oscillations diminuait d'un nombre donné de degrés. Du reste, MM. Laugier et Barral ont expérimenté avec la même cage de verre et exactement dans les mêmes conditions que j'avais choisies. Quelques modifications, jugées indispensables par ces deux savants physiciens,

avaient été seulement faites à mes appareils par notre habile artiste M. Brünner.

Pour éviter toute erreur provenant d'un défaut de centrage, M. Laugier observait l'amplitude des oscillations d'un côté, tandis que M. Barral les marquait de l'autre, et on prenait la moyenne des deux observations. Dans les expériences que j'ai faites, j'observais les déviations du barreau aimanté, tantôt à droite et tantôt à gauche, et je prenais de même la moyenne des observations.

Voici maintenant les résultats obtenus par MM. Laugier et Barral :

En se servant d'un barreau de cuivre suspendu à un fil de platine auquel on donnait toujours la même torsion, et en mesurant la diminution de l'amplitude en dix oscillations, on a trouvé :

Au-dessus d'un disque de fer,

	mill.		degrés.
A une distance de	1,	une diminution d'amptitude de	49.8
—	7,	—	49.5
—	80,	—	49.0

Au-dessus du mercure, avec un autre fil de platine donnant des oscillations plus lentes :

	mill.		degrés.
A une distance de	0.7,	une diminution d'amptitude de	32.0
—	2.4,	—	32.0
—	8.5,	—	32.4
En ôtant le mercure,		—	31.6

Au-dessus d'un gâteau de résine, avec un fil de platine donnant des oscillations plus rapides :

	mill.	degrés.
A une distance de 0.5, une diminution d'amplitude de		95.3
En ôtant le gâteau,	—	95.1

Au-dessus d'un gâteau de gomme laque, avec le même fil de platine :

	mill.	degrés.
A une distance de 0.7, une diminution d'amplitude de		98.7
En ôtant le gâteau,	—	97.5

Au-dessus du même gâteau de gomme laque, avec un fil de platine donnant des oscillations plus lentes :

	mill.	degrés.
A une distance de 0.5, une diminution d'amplitude de		72.25
En enlevant le gâteau,	—	71.20

Chaque expérience était répétée cinq fois, et les chiffres inscrits ci-dessus sont la moyenne des cinq résultats constatés, qui ne différaient d'ailleurs les uns des autres que de 2 degrés au plus.

Il est bien évident que la présence ou l'absence d'un corps étranger n'a en rien agi sur les oscillations du barreau de cuivre, malgré les petites distances auxquelles on a opéré. Si donc, avec un barreau aimanté, on trouve des différences très-grandes, il faudra bien les attribuer au magnétisme.

Avec le barreau aimanté, MM. Laugier et Barral, écartant le barreau de 76 degrés du méridien magnétique, commençaient à compter les oscillations quand il n'en était plus éloigné que de 71 degrés, et ils marquaient la perte produite au moment où s'accomplissait la cinquantième oscillation double. Leurs résultats sont consignés dans le tableau suivant :

Matières au-dessus desquelles le barreau oscillait.	Distances du barreau aimanté aux corps éprouvés.	Diminution de l'amplitude en 50 oscillations.
	mill.	degrés.
Dans l'air	»	8.40
Vase en verre	10.2	9.80
Avec 124g.5 d'eau distillée dans ce vase en verre	3.5	12.25
Id.	1.0	16.50
Id.	0.5	25.00
Avec 249gr.5 d'eau distillée dans le même verre	0.7	24.50
Avec un gâteau de résine	6.0	7.25
Id.	1.3	23.50
Id.	0.5	37.50
Avec la boîte seulement qui contenait la résine, et à une distance du fond en bois de cette boîte de	2.0	10.50
En mettant dans la boîte la résine pulvérisée	17.0	10.00
Id.	1.4	20.00
Id.	0.4	35.00
Avec un gâteau de gomme laque	1.5	13.50
Id.	0.7	21.50
Id.	0.55	23.50
Avec la boîte seulement qui contenait le gâteau de résine, et à une distance du fond en bois de cette boîte de	2.0	10.00
En mettant dans la boîte la gomme laque pulvérisée	1.0	13.50
Id.	0.5	16.00
Id.	0.3	17.50

Ainsi les corps qui passent pour être les moins conducteurs de l'électricité, qui ne se laissent traverser ni par

l'électricité ordinaire des machines, ni par l'électricité voltaïque des plus fortes piles, influencent d'une manière très-forte une aiguille aimantée en mouvement, soit que ces corps soient en couche continue, soit qu'on les ait réduits en poudre impalpable. L'action exercée n'est pas la même pour les différents corps. En conséquence, il était plus que probable que dans le vide on obtiendrait des résultats analogues.

Cette manière d'éprouver les effets exercés par tous les corps sur un barreau aimanté pourrait être appliquée à rechercher ceux que produiraient les gaz comprimés, comme je l'ai indiqué dès que j'ai fait connaître les premiers phénomènes du magnétisme en mouvement. J'espère que cette expérience sera faite un jour par quelque physicien.

Je vais ajouter ici, aux nombres que j'ai déjà donnés plus haut, quelques résultats que j'ai obtenus avec des substances diverses, afin de montrer qu'on pourrait trouver dans ce genre de recherches un moyen de mesurer l'action spécifique de chaque corps.

Je répète que je comptais le nombre des oscillations effectuées entre de certaines amplitudes déterminées.

Matières employées.	Distances de l'aiguille aimantée aux corps éprouvés.	Nombre d'oscillat. doubles comptées.	Diminution des amplitudes mesurées.		
	mill.		degrés.	degrés.	degrés.
Plan de verre	25.0	30	35.5	— 15.5	— 20.0
Id.	*Id.*	40	35.5	— 12.0	— 23.5
Id.	*Id.*	50	35.5	— 9.5	— 26.0
Id.	*Id.*	60	35.5	— 7.5	— 28.0
Id.	*Id.*	70	35.5	— 6.0	— 29.5
Id.	*Id.*	80	35.5	— 4.5	— 31.0

Matières employées.	Distances de l'aiguille aimantée aux corps éprouvés.	Nombre d'oscillat. doubles comptées.	Diminution des amplitudes mesurées.
	mill.		dgerés. degrés. degrés.
Plan de verre	1.25	30	35.75 — 9.00 = 26.75
Id.	*Id.*	40	35.75 — 5.75 = 30.00
Id.	*Id.*	50	35.75 — 4.00 = 31.75
Id.	*Id.*	60	35.75 — 2.75 = 33.00
Id.	*Id.*	70	35.75 — 2.00 = 33.75
Id.	25.0	77	35.5 — 5.0 = 30.5
Id.	3.5	59	35.5 — 5.0 = 30.5
Id.	1.25	43	35.5 — 5.0 = 30.5
Loin du fond et des parois d'un bocal ...	»	70	46.0 — 5.0 = 41.0
Avec de l'eau dans ce bocal	12.0	63	45.75 — 5.00 = 40.75
Id.	2.0	41	46.00 — 5.00 = 41.00
Sans aucune substance dans le vide	»	174	50.5 — 5.0 = 45.0
En laissant rentrer l'air	»	98	50.5 — 5.2 = 44.8
Avec gâteau de résine dans le vide	7.0	57	50 — 5 = 45
Plateau de zinc	4.5	11	48 — 4 = 44
Plateau de laiton....	4.5	12	48 — 4 = 44
Plateau d'étain.....	4.5	17	48 — 4 = 44
Plateau de plomb ...	4.5	28	48 — 4 = 44
Eau distillée......	12.0	69	44.5 — 4.0 = 40.5
Eau salée........	12.0	62	46 — 5 = 41
Eau salée........	2.0	45	46 — 5 = 41

Je ne pousserai pas plus loin ces citations, qui suffisent pour faire voir qu'il n'est aucun corps qui puisse être considéré comme échappant à l'influence exercée par un

barreau aimanté en mouvement. Si l'on réfléchit que les barreaux employés dans mes observations étaient de petites dimensions, et que j'ai opéré sur des substances non conductrices, on reconnaîtra, j'espère, que mes expériences sont différentes de celles qui ont été imaginées par Faraday, et qu'elles ne peuvent s'expliquer complétement par la simple induction de courants fugitifs.

ÉLECTRICITÉ ANIMALE[1]

Je vais réunir ici, sous le titre d'*Électricité animale*, des faits bien divers en réalité, mais que le vulgaire a voulu rapprocher. L'électricité n'a encore été bien mise en évidence que dans quelques animaux ; on a vainement cherché à y rattacher des phénomènes qui se passent dans le corps de l'homme, et sur lesquels la volonté humaine ne paraît avoir quelque action que pour des personnes inattentives ou prévenues.

I.

SUR L'ÉTINCELLE TIRÉE DE LA TORPILLE ET DU GYMNOTE.

J'ai eu à m'occuper de cette question à l'occasion d'une discussion de priorité entre MM. Linari et Matteucci, sur des expériences faites en 1836, dans le but de tirer des étincelles de la torpille et de montrer que ces étincelles étaient bien de la même nature que celles qu'on obtient dans les laboratoires avec les machines électriques ordinaires ou les piles voltaïques.

Personne, jusqu'à cette époque, n'avait aperçu l'étincelle électrique dans des expériences faites avec la tor-

1. Œuvre posthume.



pille. M. de Humboldt ne parvint pas même à la voir en opérant sur des Gymnotes, dans leur pays natal. Walsh, dont les nombreux essais restèrent infructueux tant qu'il se servit de torpilles, réussit, en août 1776, à rendre l'étincelle apparente à l'aide d'un Gymnote. Il est toutefois digne de remarque que cette expérience capitale soit arrivée à la connaissance du public, non pas directement par un Mémoire de Walsh, mais par une Note de M. Le Roy. Fahlberg et Ingenhousz disent aussi avoir engendré quelquefois l'étincelle pendant la décharge d'une anguille électrique de Surinam. Aujourd'hui, tout le monde pourra observer le même effet, quand on se sera assuré que des courants électro-chimiques n'ont joué aucun rôle dans les expériences de cette nature.

Il m'a semblé que l'honneur de la découverte nouvelle appartient à M. Matteucci, lorsque j'ai vu dans une lettre adressée, à la date du 11 mars 1836, par M. Linari au physicien de Forli, et qui m'a passé sous les yeux, la phrase suivante : « Décrivez-moi clairement et avec patience le projet d'expérience que vous dites avoir imaginée *pour tirer l'étincelle de la torpille*. » En faisant cette demande, M. Linari n'aurait pas manqué d'*annoncer* ou tout au moins d'*insinuer* qu'il était lui-même en possession d'un moyen expérimental particulier, si, en effet, il avait été sur la voie de quelque chose de nouveau; or, la lettre en question ne contient pas la plus légère allusion de cette nature.

Cependant, un homme qui a été souvent mon contradicteur, mais qu'un arrêt solennel rendu par la justice a rayé de la liste de l'Académie, a présenté, à ce sujet, des

observations consignées dans le compte-rendu de nos séances, et qui tendaient à empêcher que l'Académie votât l'insertion du Mémoire de M. Matteucci dans le *Recueil des savants étrangers*, le plus haut encouragement que nous puissions décerner aux personnes qui cultivent les sciences, sous prétexte que l'on n'avait pas pu vérifier toutes les expériences décrites par M. Matteucci.

J'ai fait remarquer qu'en adoptant ce système, il n'arriverait presque jamais, dans les sciences d'observation du moins, que l'Académie dût approuver les travaux qui lui sont soumis. Personne a-t-il prétendu imposer aux commissions académiques l'obligation de répéter dans tous leurs détails les expériences délicates, difficiles, nombreuses, qui sont décrites dans les longs Mémoires renvoyés à leur examen? *Quand elles le peuvent*, les commissions vérifient, çà et là, quelques points culminants; si cette vérification partielle réussit, elles admettent le reste, mais, bien entendu, sous la responsabilité de l'auteur. Il y a plus, l'Académie adopte complétement, elle fait souvent insérer dans le *Recueil des savants étrangers*, des Mémoires dont on n'a pas été à même de vérifier un seul résultat. L'Académie a-t-elle exigé, par exemple, que je me transportasse sur les sommités des Pyrénées avant d'honorer de son suffrage le beau nivellement géodésique que M. Coraboeuf a étendu le long de cette chaîne de montagnes, entre l'Océan et la Méditerranée? La commission nommée pour l'examen du Mémoire de M. Matteucci s'est conformée aux usages, elle a fait tout ce qu'on était en droit d'exiger. Ce qu'elle a pu vérifier s'est trouvé exact. L'expérience des lobes de la

torpille, la plus simple, la plus facile peut-être de toutes celles que cite M. Matteucci, elle ne s'en est point occupée par la très-bonne raison qu'il n'y a point de torpilles à Paris. Eh bien, la commission en avertit dans son rapport. A mon avis, c'est un excès de précaution : la facilité de cette observation particulière, l'exactitude constatée de toutes les autres, les succès que M. Matteucci a obtenus dans un grand nombre de recherches délicates, étaient une garantie suffisante ; ordinairement, on n'en demande pas davantage. Au surplus, en décidant, conformément à l'avis de la commission, et malgré l'opposition que j'ai signalée, que le Mémoire de M. Matteucci serait inséré dans le *Recueil des savants étrangers*, l'Académie a témoigné de son juste intérêt pour un travail qui touche à l'un des points les plus délicats de l'organisation animale ; elle a engagé les observateurs à diriger de ce côté leurs investigations attentives ; c'est là le rôle honorable que l'Académie s'est toujours donné, qu'elle a constamment rempli dans des occasions pareilles, et dont il est impossible qu'elle ait jamais à se repentir. Voici, au surplus, dans quels termes on parle des expériences de M. Matteucci de l'autre côté du Rhin ; le passage que je vais citer se trouve dans une lettre de M. de Humboldt : « Ce qui m'a le plus remué dans ces derniers temps est la grande découverte de M. Matteucci sur l'action du seul quatrième lobe du cerveau de la torpille ! »

II.

SUR UNE PRÉTENDUE JEUNE FILLE ÉLECTRIQUE.

J'arrive à des faits d'électricité animale qui n'ont pas été constatés, et qui ne sont attribués à une cause magnétique ou électrique que par suite d'irréflexion.

Dans la séance du 16 février 1846, j'ai déposé sur le bureau de l'Académie une courte Note de M. Cholet, et une Note plus développée de M. Tanchou, relatives, l'une et l'autre, à une jeune fille de treize à quatorze ans, Angélique Cottin, ouvrière dans une fabrique de gants en filets, chez laquelle des facultés extraordinaires s'étaient développées, disait-on, depuis environ un mois. Lorsque M. Cholet se présenta à l'Observatoire pour me remettre une Note à l'adresse de l'Académie, il était accompagné de mademoiselle Cottin et des parents de cette jeune fille. M. Cholet insistait pour que je m'assurasse par moi-même, sans plus tarder, de l'exactitude des phénomènes signalés. Après quelque hésitation, je cédai à ce désir, ces premières épreuves pouvant m'amener, en cas d'insuccès complet, à proposer à l'Académie de ne point nommer de commissaires.

J'ai rendu compte des phénomènes dont j'avais été témoin pendant une séance de quelques minutes. La jeune fille produisit, en s'asseyant sur une chaise, des mouvements d'une extrême violence. Je n'ai pas aperçu nettement les agitations annoncées comme étant engendrées à distance, par l'intermédiaire d'un tablier, sur un guéridon en bois. D'autres observateurs ont trouvé que ces

agitations étaient sensibles. Je n'ai pu surtout constater aucun effet sur des aiguilles aimantées. L'action répulsive exercée par la main gauche de mademoiselle Cottin, sur une feuille de papier suspendue, n'a pas été supérieure à celle que beaucoup de personnes produisent dans des circonstances analogues. Malgré tant de résultats négatifs, je n'hésitai pas pourtant à demander à l'Académie de nommer des commissaires qui pussent vérifier les faits à loisir. Ces commissaires devaient pouvoir reconnaître comment s'opèrent les mouvements dans l'épreuve de la chaise. S'il y avait supercherie, il fallait la dévoiler, et empêcher ainsi le public d'être induit en erreur. M. Tanchou citait d'ailleurs dans sa Note des expériences très-faciles à répéter, et qui ne prêtaient à aucune explication équivoque.

Voici le rapport que fit la commission, composée de MM. Arago, Becquerel, Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire, Babinet, Rayer et Pariset :

« Dans sa séance du 16 février dernier, l'Académie reçut de M. Cholet et de M. le docteur Tanchou deux Notes relatives à des facultés extraordinaires qui, disait-on, s'étaient développées depuis environ un mois chez une jeune fille du département de l'Orne, Angélique Cottin, âgée de quatorze ans. L'Académie, conformément à ses usages, chargea une commission d'examiner les faits annoncés et de lui rendre compte des résultats. Nous allons, en très-peu de mots, nous acquitter de ce devoir.

« On avait assuré que mademoiselle Cottin exerçait une action répulsive très-intense sur les corps de toute

nature, au moment où une partie quelconque de ses vêtements venait à les toucher. On parlait même de guéridons renversés à l'aide du simple contact d'un fil de soie.

« Aucun effet appréciable de ce genre ne s'est manifesté devant la commission.

« Dans les relations communiquées à l'Académie, il est question d'une aiguille aimantée qui, sous l'influence du bras de la jeune fille, fit d'abord de rapides oscillations, et se fixa ensuite assez loin du méridien magnétique.

« Sous les yeux de la commission, une aiguille délicatement suspendue n'a éprouvé, dans les mêmes circonstances, ni déplacement permanent ni déplacement momentané.

« M. Tanchou croyait que mademoiselle Cottin avait la faculté de distinguer le pôle nord d'un aimant du pôle sud, en touchant simplement ces deux pôles avec les doigts.

« La commission s'est assurée, par des expériences variées et nombreuses, que la jeune fille ne possède pas la prétendue faculté qu'on lui avait attribuée de distinguer par le tact les pôles des aimants.

« La commission ne poussera pas plus loin l'énumération de ses tentatives avortées. Elle se contentera de déclarer, en terminant, que le seul fait annoncé qui se soit réalisé devant elle est celui de mouvements brusques et violents éprouvés par les chaises sur lesquelles la jeune fille s'asseyait. Des soupçons sérieux s'étant élevés sur la manière dont ces mouvements s'opéraient, la commission décida qu'elle les soumettrait à un examen attentif. Elle annonça, sans détour, que ses recherches ten-

draient à découvrir la part que certaines manœuvres habiles et cachées des pieds ou des mains pouvaient avoir eues dans le fait observé. A partir de ce moment, il nous fut déclaré que la jeune fille avait perdu ses facultés attractives et répulsives, et que nous serions prévenus aussitôt qu'elles se représenteraient. Bien des jours se sont écoulés depuis lors, et la commission n'a point reçu d'avertissement. Nous avons appris, cependant, que mademoiselle Angélique Cottin est journellement conduite dans des salons où elle répète ses expériences.

« Après avoir pesé toutes ces circonstances, la commission est d'avis que les communications transmises à l'Académie, au sujet de mademoiselle Angélique Cottin, doivent être considérées comme non avenues. »

III.

PHÉNOMÈNES DES TABLES TOURNANTES.

Les mécomptes n'ont jamais amené le découragement de l'opinion publique en ce qui concerne les faits d'électricité animale. On en a eu un exemple à propos des phénomènes que l'on connaît sous le nom de tables tournantes. On les a attribués, sans hésitation, à une faculté qu'auraient les êtres animés de développer dans des corps inertes une électricité d'une nature particulière. J'ai dû en entretenir l'Académie, à propos d'une communication de son correspondant M. Séguin, connu par l'importante invention des chaudières tubulaires. C'était mon devoir d'agir ainsi. Mais j'ai cité d'anciennes expé-

riences de M. Ellicot, horloger, insérées dans les *Transactions philosophiques*, et qui ont, avec ce qu'on a rapporté d'admissible sur les tables tournantes, la plus grande analogie. Ce que le phénomène des tables offre, en apparence, de plus extraordinaire et de plus difficile à expliquer, est en effet cette circonstance, qu'avec les impulsions, pour ainsi dire infiniment petites, qu'on imprime avec les doigts à la masse ligneuse dont se compose la table, on finisse, à la longue, par communiquer à celle-ci des mouvements considérables. Eh bien, dans les expérienees de M. Ellicot, deux horloges à pendules enfermées dans des boîtes séparées étaient suspendues à une tringle en bois fixée sur un même mur, et à la distance de 60 centimètres l'une de l'autre. La première de ces horloges marchait d'abord seule, la seconde était en repos; après un certain temps, la seconde horloge avait été mise en mouvement par les vibrations imperceptibles transmises du pendule de la première à celui de la seconde, à l'aide des corps solides compris entre les deux machines. Une circonstance très-singulière, c'est qu'après un certain temps, tandis que le second pendule, celui de l'horloge qui primitivement était en repos, marchait avec toute l'amplitude que comportait la construction, le premier pendule, celui de l'horloge qui d'abord marchait seule, était arrivé à un repos complet.

Je ne m'étendrai pas davantage sur les conséquences qu'on peut tirer et qu'on a tirées réellement des faits que je viens de rapporter, puisque mon but était uniquement de montrer qu'il existait déjà dans la science des exemples de communications de mouvement analogues à ceux

que les tables tournantes ont présentés récemment, et dont l'explication n'exige aucune des influences mystérieuses auxquelles on a eu recours pour en rendre compte.

MAGNÉTISME TERRESTRE[1]

CHAPITRE PREMIER.

AVERTISSEMENT RELATIF A MES OBSERVATIONS PERSONNELLES.

Rien, dans le vaste domaine de la physique du globe, n'est plus caché, n'est plus incertain, que les causes qui en chaque lieu font varier les trois éléments du magnétisme terrestre, savoir : la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité.

Les magnifiques découvertes qu'on a faites depuis quelques années sur la connexion de la chaleur et de l'électricité avec le magnétisme, ne nous ont presque rien appris au sujet des causes singulières de ces variations.

Peut-être faut-il attribuer cet insuccès à l'ignorance où nous sommes encore des lois qui régissent de si grands et de si singuliers changements. Ainsi, par exemple, avant 1816, on ne savait pas à Paris, par une observation directe, si dans son mouvement dirigé de l'orient à l'occident, l'aiguille horizontale arriverait à une limite qu'elle ne dépasserait pas, pour reprendre ensuite, après une courte station, sa course vers l'orient. L'aiguille d'inclinaison conduit aux mêmes questions et aux mêmes doutes. Depuis les plus anciennes observations connues jusqu'à

1. Œuvre posthume.

notre époque, l'inclinaison de l'aiguille comptée à partir de l'horizontale a toujours diminué; mais quand cette diminution cessera-t-elle? c'est ce que tout le monde ignore. Pour ce qui regarde l'intensité, on a déterminé sa valeur absolue depuis trop peu d'années pour qu'on puisse aborder, même de loin, ce qui se rapporte à ses changements.

Il faut donc se résigner, à l'époque actuelle, à réunir les mesures qui serviront de bases aux recherches de nos successeurs. Il m'a été donné de faire des observations magnétiques depuis 1810; il m'a semblé que c'était un devoir pour moi de les publier. J'aurais voulu ne pas confier ce soin à d'autres. Quelque explicite que l'on soit dans les explications écrites en marge des registres originaux, il échappe toujours quelques détails qui ne peuvent être suppléés que par celui qui a tout dirigé. Malheureusement l'état de ma vue me force de charger M. Barral de dépouiller mes observations.

J'ai reconnu plus d'une fois la vérité de la remarque que je viens de faire à l'occasion des observations ci-après. Ces observations n'ont pas été généralement faites avec le même instrument; les boussoles employées étaient sorties de la main de divers artistes. Ce serait un inconvénient, si on ne voulait discuter que les changements annuels; ce sera un avantage, au contraire, toutes les fois qu'on aura à raisonner par exemple sur l'inclinaison absolue, car on doit supposer que les erreurs mystérieuses qui affectent d'une manière constante et d'un petit nombre de minutes les inclinaisons obtenues par diverses aiguilles se seront compensées.

Les observations d'inclinaisons ont été généralement faites au bout du jardin de l'Observatoire, sur une colonne en pierre construite tout exprès. Cette colonne, à l'origine, était en plein air; depuis, elle a été abritée par une construction en bois, dans laquelle il n'existe aucun clou en fer.

L'Observatoire, proprement dit, s'est augmenté depuis quelques années d'un amphithéâtre situé à l'ouest, dont le toit en zinc repose sur des fermes en fer. Plus récemment, la tour orientale de l'ancien Observatoire a reçu un toit tournant colossal, dans l'exécution duquel est entrée une immense quantité de fer. Les deux masses sont éloignées de la colonne sur laquelle les inclinaisons ont été mesurées de 72 mètres.

Nous avons tout lieu de croire, à la suite de divers essais, qu'à cette distance, les deux masses dont nous venons de parler n'ont pas agi d'une manière sensible sur les phénomènes de l'aiguille aimantée.

CHAPITRE II.

VARIATIONS DANS LES ÉLÉMENTS DU MAGNÉTISME TERRESTRE.

Un aimant naturel, ou, ce qui revient au même, une aiguille aimantée, convenablement suspendue, se dirige toujours vers les régions polaires. On devine facilement tout le parti que les marins doivent tirer de cette propriété, pour se conduire pendant les nuits obscures, ou lorsque les nuages ou les brouillards leur dérobent la vue du ciel ;malheureusement, la direction d'une aiguille change avec les temps et les lieux, suivant des lois dont

la connaissance contribuerait puissamment aux progrès de la navigation, mais qui, à en juger par les résultats que quelques physiciens ont obtenus, semblent devoir être très-compliquées; il est vrai que les premières observations de l'aiguille auxquelles il a fallu avoir recours sont trop modernes et trop défectueuses pour qu'on dût espérer qu'elles serviraient à éclaircir entièrement une question si difficile; quoi qu'il en soit, le soin que les artistes ont apporté, depuis quelques années, à la construction des boussoles, a permis de donner aux observations une assez grande exactitude et de découvrir plusieurs phénomènes curieux dont il est question dans cette Notice.

Les nombres qui déterminent les caractères géographiques, hypsométriques, climatologiques, de chaque lieu de la terre, ne paraissent pas, en général, éprouver la moindre altération dans la suite des siècles. Il n'en est pas de même des éléments magnétiques: la déclinaison, l'inclinaison, l'intensité, changent visiblement en chaque lieu d'année en année, et même d'heure en heure. La loi de ces variations n'est pas parfaitement connue. Est-il, cependant, un sujet qui intéresse davantage la navigation?

Fixons, pour une année déterminée, la série des points du globe où l'inclinaison de l'aiguille aimantée est nulle. La ligne continue passant par tous ces points est ce qu'on appelle l'*équateur magnétique*. Cet équateur, situé partie au nord et partie au sud de l'équateur terrestre, rencontre ce dernier équateur en des points qui portent le nom de *nœuds*. Eh bien, les nœuds sont changeants : par suite d'un mouvement de translation graduel de l'équa-

teur magnétique, les nœuds se transportent de l'orient à l'occident; mais, dans ce mouvement, l'équateur magnétique conserve-t-il exactement la même forme? c'est une question qui n'est pas parfaitement résolue.

Mettons, si l'on veut, entièrement de côté les applications, les méthodes nouvelles dont ces phénomènes pourront devenir l'objet dans l'intérêt de la navigation; les changements annuels de déclinaison et d'inclinaison, le mouvement de l'équateur magnétique, n'en resteront pas moins les faits les plus étonnants, les plus mystérieux, les plus dignes d'intérêt que l'on puisse citer dans le vaste domaine des sciences.

L'action directrice du globe est évidemment la résultante de l'action des molécules dont il se compose; or, comment cette résultante peut-elle être variable, lorsque le nombre, la position, la température de ces molécules, lorsque toutes leurs autres propriétés physiques restent constantes? Faudra-t-il supposer, avec Halley, qu'il existe dans l'intérieur de la terre *des molécules mobiles?* Il n'y a pas de corps savant qui ne doive tenir à honneur de contribuer à résoudre de pareilles questions.

CHAPITRE III.

DÉVIATION LOCALE DE LA BOUSSOLE.

Les masses de fer qui entrent dans la construction des bâtiments et des câbles, les canons de fonte, les ancres, etc., exercent sur l'aiguille aimantée une action qui la dévie ordinairement beaucoup de la direction qu'elle prendrait par la seule attraction des pôles magné-

tiques de la terre. Cette action n'est pas la même dans toutes les orientations du navire ; elle change aussi avec la latitude. La boussole n'est donc un guide sûr qu'à la condition qu'on déterminera expérimentalement sur chaque navire, au point de départ, les déviations locales de l'aiguille dans divers azimuts, et qu'on tiendra scrupuleusement compte des changements qui, toutes les autres circonstances restant les mêmes, sont la conséquence inévitable d'un déplacement vers le nord ou vers le sud.

Les expériences à l'aide desquelles on se procure les éléments de calcul propres à chaque navire sont très-délicates ; mais ce n'est pas une raison pour s'en affranchir. Nous estimons que, dans tout port d'armement, il devrait y avoir un ingénieur hydrographe chargé de déterminer les *constantes* de chaque navire. La nécessité de cette précaution sera facilement admise pour les bâtiments en fer, si je rappelle que naguère, dans son passage de Bordeaux à Brest, un bateau à vapeur de cette dernière espèce se trouva, à cause de la marche irrégulière de la boussole, dans la presque impossibilité de trouver sa route. Mais nous maintenons que les mêmes précautions sont nécessaires pour les navires ordinaires en bois. Les flots nous cachent les erreurs des pilotes, comme la terre couvre les bévues des médecins. Nous n'aurons donc à citer aucun sinistre qu'on doive attribuer, avec une entière certitude, à la déviation locale de la boussole ; nous pourrons, toutefois, nous appuyer sur des probabilités empruntées à la marine anglaise.

Dans l'hiver de 1811 à 1812, *le Héro*, de 74, se perd au Texel, en venant du Cattegat, avec plusieurs des bâti-

ments marchands qu'il escortait. Il ne se sauva que huit matelots.

Le Saint-Georges, de 98, amiral Reynolds, et *la Défiance*, de 74, éprouvent le même sort sur la côte du Jutland. L'amiral, le capitaine de *la Défiance*, près de trois mille matelots, furent noyés.

En 1810, *le Minotaure*, de 64, fait naufrage à l'embouchure du Texel le 22 décembre : trois cent soixante matelots périssent.

Scoresby regarde comme très-probable que ces quatre naufrages n'auraient pas eu lieu si les commandants avaient connu les moyens de tenir compte de la déviation locale de la boussole.

En 1804, soixante-neuf navires marchands firent voile de Cork, le 26 mars, sous l'escorte de deux vaisseaux de ligne anglais, *le Carysford* et *l'Apollon*. Le 2 avril, dans la nuit, pendant que *l'Apollon*, d'après l'*estime*, était à 100 milles (40 lieues) de terre, il se brisa sur la côte de Portugal, près du cap Mondego. Vingt-neuf vaisseaux marchands qui avaient dirigé leur route sur celle de *l'Apollon*, firent également naufrage. Il périt dans cette catastrophe près de trois cents matelots.

On a longtemps attribué ce terrible naufrage à l'action des courants; mais il paraît constaté, d'après la discussion à laquelle Scoresby s'est livré, qu'il faut plutôt en chercher la cause dans une erreur accidentelle de la déclinaison, qui trompa le capitaine de *l'Apollon*.

CHAPITRE IV.

MOYENS DE PERFECTIONNER LES OBSERVATIONS DE LA BOUSSOLE A LA MER.

La boussole est, sans aucun doute, l'instrument qui a été le plus utile aux navigateurs. Mais en a-t-on tiré tout le parti possible? Il est permis d'en douter. D'abord, on ne fait aucun usage, pour se guider dans l'immensité des mers, de la boussole d'inclinaison. Les observations de la boussole de déclinaison elle-même ne sont susceptibles, sur un navire en marche, que d'une précision très-limitée. Cela tient, pour les deux instruments, 1° à ce que, si la suspension est délicate, les oscillations des aiguilles produites par celles du navire sont très-irrégulières, très-nombreuses, et qu'on ne saurait alors procéder par moyenne; 2° à ce que toutes les précautions prises, dans le mode de suspension, pour diminuer la mobilité des aiguilles, influent très-sensiblement sur l'exactitude des observations.

Eh bien, il existe un moyen, indépendant de la suspension, d'amortir les oscillations de l'aiguille aimantée, d'en diminuer considérablement le nombre pour une amplitude donnée; un moyen à l'aide duquel les oscillations de 90° sont réduites à 1° et moins, presque instantanément, sans rien faire perdre à l'aiguille aimantée de sa mobilité. Ce moyen résulte de la découverte que j'ai faite des phénomènes du magnétisme de rotation. Des plaques de cuivre, convenablement disposées, suffiraient pour amortir au point que j'indique les oscillations de l'aiguille aimantée.

Les instruments qui réalisent ces curieux résultat sont

très-faciles à construire. Il serait urgent de les soumettre à l'épreuve définitive de l'expérience, de les confier à des mains exercées. Faire le point, en latitude, par un temps couvert, à l'aide de la seule boussole d'inclinaison, sans le secours si imparfait du loch! faire le point absolu, à l'aide d'une simple observation d'azimut! a-t-on songé que ce serait changer la face de la navigation?

CHAPITRE V.

DE LA DÉCLINAISON.

La pierre d'aimant, ou l'aimant naturel, d'après l'analyse de Bucholz, est une combinaison de protoxyde et de sesqui-oxyde de fer. Les propriétés de l'aimant les plus apparentes consistent dans l'attraction exercée sur le fer. Les anciens connaissaient ces propriétés attractives, mais ils ignoraient entièrement celles qui sont relatives à la direction. Les propriétés de l'aimant sont transmissibles au fer, au nickel, au cobalt et au chrôme; elles deviennent permanentes dans l'acier qui constitue la matière dont sont construits les aimants ou aiguilles aimantées ordinaires. Le fer pur n'est pas susceptible d'acquérir une vertu magnétique durable; il doit être à cet effet combiné avec de certaines proportions de carbone, de phosphore et de soufre.

On est convenu d'appeler *déclinaison* l'angle que forme la direction de l'aiguille aimantée placée sur un pivot vertical ou suspendue à l'aide d'un fil sans torsion, de manière à ce qu'elle se tienne horizontale, avec la direction du méridien du lieu.

L'existence de la déclinaison de l'aiguille aimantée est clairement indiquée dans l'ouvrage manuscrit d'un nommé Pierre Adsiger, qui existe dans la bibliothèque de l'Université de Leyde. La date de cet ouvrage est 1269.

L'auteur, dans ce même ouvrage, décrit la boussole comme un moyen de se diriger en mer. (*Traité du magnétisme,* par Cavallo. 3e édition. Supplément.)

C'est Christophe Colomb qui a découvert le changement que la déclinaison de l'aiguille éprouve quand on change de place sur le globe; il a fait cette remarque pendant son premier vogage, le 13 septembre 1492. Il était alors à deux cents lieues de l'île de Feroë. La déclinaison allait toujours en augmentant à mesure qu'il s'avançait à l'Ouest. (*Histoire de Colomb,* t. Ier, p. 162, et *Las Casas,* liv. Ier, chap. VI.)

CHAPITRE VI.

DU MOUVEMENT DE LA DÉCLINAISON EN UN LIEU DÉTERMINÉ AVEC LE TEMPS.

L'aiguille aimantée horizontale fait, avec le méridien terrestre, un angle qui varie avec les années; elle semble osciller autour du méridien terrestre selon des amplitudes qu'on ne saurait encore déterminer.

D'après les plus anciennes observations faites à Paris, la déclinaison était d'abord orientale; l'aiguille a marché pendant plus de deux siècles vers l'ouest, ainsi qu'il résulte des chiffres suivants :

	degrés.	minutes.
En 1580, la déclinaison était orientale et égale à. .	11	30
En 1618, elle n'était plus que de	8	0

En 1663, l'aiguille se dirigeait droit au pôle. Après être restée

deux ans dans cette position, elle s'est continuellement éloignée du pôle en marchant vers l'ouest.

La déclinaison de l'aiguille aimantée, en 1667, le 21 juin, d'après les observations des académiciens, faites sur l'emplacement où l'Observatoire devait être bâti, était de 15 minutes à l'occident. (*Acad. des sciences*, t. Ier, p. 44.)

	degrés.	minutes.
En 1678, la déclinaison occidentale était déjà de. .	1	30
En 1700, de	8	10
En 1767, de	19	16
En 1780, de	19	55
En 1785, de	22	0
En 1805, de	22	5

A partir de 1810, j'ai fait régulièrement, avec des boussoles de Lenoir et de Gambey, la mesure de la déclinaison à l'Observatoire. Je vais réunir dans un tableau tous les résultats obtenus jusqu'à cette année 1853, en marquant le jour et l'heure de chaque observation, parce que, dans un même lieu, la déclinaison de l'aiguille est continuellement variable, point important sur lequel je reviendrai dans un chapitre spécial.

Années.	Déclinaisons occident.			Jours et heures des observations.	Noms des observateurs.
1806	21°	51'	″	16 mai, à midi.	Bouvard.
1807	22	25	″	7 octobre.	*Id.*
1808	22	19	″	7 octobre.	»
1809	22	6	″	24 février.	»
Id.	21	55	″	11 août.	»
1810	22	16	″	13 mars, à 1h s.	Arago.
1811	22	25	″	15 octobre, à midi.	*Id.*
1812	22	29	″	9 octobre, à 2h 30m s.	*Id.*
1813	22	28	″	30 octobre, à midi.	*Id.*
1814	22	34	″	10 août, à midi.	*Id.*
1816	22	25	″	12 octobre, à 3h s.	*Id.*

Années.	Déclinaisons occident.			Jours et heures des observations	Noms des observateurs.
1817	22°	19′	″	10 février, à midi 30m.	Arago.
1818	22	26	″	15 octobre, à 9h m.	*Id.*
1819	22	29	″	22 avril, à 2h s.	*Id.*
1821	22	25	″	26 octobre, à midi.	*Id.*
1822	22	11	″	9 octobre, à midi.	*Id.*
1823	22	23	″	21 novembre, à 1h 15m s.	*Id.*
1824	22	23	15	13 juin, à 1h 15m s.	*Id.*
1825	22	12	48	18 août, à 8h 40m m.	*Id.*
Id.	22	21	31	*Id.* à midi.	*Id.*
1827	22	20	″	8 juillet, à 1h 8m s.	*Id.*
1828	22	5	57	7 août, à 8h 7m m.	*Id.*
1829	22	12	5	3 octobre, à 2h 45m s.	*Id.*
1832	22	3	″	4 mars, à 11h 35m m.	*Id.*
1835	22	4	″	9 novembre, à 1h 8m s.	*Id.*
1848	20	41	″	22 décembre, à 1h 45m s.	Laugier et Goujon.
1849	20	34	18	30 novembre, à 1h 25m s.	Mauvais et Goujon.
1850	20	30	40	4 décembre, à 1h 45m s.	Laugier et Mauvais.
1851	20	25	″	16 novembre, à 1h 2m s.	*Id.*
1852	20	19	″	8 décembre, à 2h 12m s.	*Id.*

Ainsi on voit, à en juger par ces seuls résultats, que c'est vers 1814 que l'aiguille aimantée a atteint sa déviation maximum vers l'occident; depuis cette époque, elle a rétrogradé vers l'orient, mais avec une grande lenteur d'abord. De même que dans la fin de son excursion occidentale sa vitesse était très-petite, le commencement de sa course en sens contraire ne saurait être que très-peu rapide.

Nous avons été le premier à annoncer (*Annuaire de* 1814) « que le mouvement progressif de l'aiguille aimantée vers l'ouest s'étant continuellement ralenti dans les dernières années, cela semblait indiquer que, dans quelque temps, il pourrait devenir rétrograde. » Cependant, ajoutions-nous, « comme l'aiguille a déjà présenté anciennement des stations de plusieurs années, il sera prudent,

avant d'adopter définitivement cette conclusion, d'attendre des observations ultérieures. »

Cependant, en 1817 (*Annales de chimie et de physique*, 2ᵉ série, t. VI, p. 443), nous avons cru pouvoir nous départir de notre réserve. Nous avons dit : « Le 10 février 1817, à une heure après midi, l'aiguille magnétique déviait à l'ouest de 22° 19′. Cette observation, comparée aux résultats des deux années précédentes, ne semble plus laisser aucun doute sur le mouvement rétrograde de l'aiguille aimantée. »

Cette conclusion ne fut pas immédiatement admise. D'après des observations qu'il avait faites à Londres, de 1817 à 1819, le colonel Beaufoy pensa même infirmer le résultat que j'avais obtenu (*Annales de chimie et de physique*, t. XI, p. 332). Mais bientôt cet habile observateur revint sur sa première impression et partagea complétement nos idées, aujourd'hui corroborées par un mouvement constamment rétrograde prolongé pendant près de quarante ans. Du reste, notre conviction était fondée sur plus de douze mille observations, non pas de déclinaisons absolues, mais de variations diurnes qui ne pouvaient laisser aucun doute.

Il était déjà assez difficile d'imaginer quelle espèce de changement, dans la constitution de la terre, avait pu, en cent cinquante-trois ans, transporter la résultante des forces magnétiques qui en émanent, du nord à 23° vers l'ouest. On voit maintenant qu'il faudra expliquer de plus comment ce changement graduel a cessé pour faire place à un retour vers l'état antérieur du globe.

Le mouvement graduel vers l'ouest n'a eu lieu qu'avec

plusieurs oscillations, comme Cassini l'a reconnu le premier.

On verra, par le tableau suivant, que nous empruntons à M. Gilpin, que les observations de Londres avaient donné des résultats analogues à ceux des observations de Paris, en ce qui concerne le ralentissement dans le mouvement vers l'occident.

Année de l'observation.	Déclinaison observée.	Changement moyen annuel de déclinaison entre ces diverses époques.	Noms des observateurs.
1580	11° 15′ est	7′ 5″	Burrows.
1622	6 0	9 6	Gunter.
1634	4 6	10 6	Gellibrand.
1657	0 0	10 2	Bond.
1665	1 22 ouest	9 7	Gellibrand.
1672	2 30	10 5	Halley.
1692	6 0	16 0	*Id.*
1723	14 17	8 1	Graham.
1748	17 40	8 4	*Id.*
1773	21 9	9 3	Heberdem.
1787	23 19	4 7	Gilpin.
1795	23 57	1 2	*Id.*
1802	24 6	0 7	*Id.*
1805	24 8	» »	*Id.*

C'est à la suite d'observations poursuivies avec un zèle bien digne d'éloges, de 1817 à 1819, à Heath, près de Stommore, par 51° 37′ 42″ de latitude nord et par 1′ 20″.7 de longitude occidentale, comptée de Greenwich, que le colonel Beaufoy est arrivé à reconnaître que l'aiguille était parvenue, en mars 1819, à la limite de sa digression occidentale, et que maintenant elle marche vers l'est. Voici le résumé des observations de ce physicien :

		Déclinaisons en 1817.			Déclinaisons en 1818.			Différences.	
Janvier . .	matin,		"		24°	34′	2″	"	
	midi,		"			39	57	"	
	soir,		"			"		"	
Février . .	matin,		"		24	34	22	"	
	midi,		"			40	51	"	
	soir,		"			"		"	
Mars. . . .	matin,		"		24	33	18	"	
	midi,		"			41	37	"	
	soir,		"			33	47	"	
Avril. . . .	matin,	24°	31′	52″	24	34	6	+ 2′	14″
	midi,		44	43		44	50	+ 0	7
	soir,		35	58		36	36	+ 0	58
Mai	matin,	24	32	20	24	36	18	+ 3	58
	midi,		42	35		45	49	+ 3	14
	soir,		34	45		38	35	+ 3	50
Juin. . . .	matin,	24	31	9	24	33	47	+ 2	38
	midi,		42	14		45	11	+ 2	57
	soir,		34	45		37	40	+ 2	55
Juillet. . .	matin,	24	31	14	24	34	24	+ 3	10
	midi,		42	6		44	59	+ 2	53
	soir,		35	43		38	14	+ 2	31
Août . . .	matin,	24	33	2	24	34	40	+ 3	24
	midi,		42	51		45	58	+ 3	7
	soir,		33	45		37	50	+ 4	5
Septembre.	matin,	24	33	2	24	34	29	+ 1	27
	midi,		41	36		45	22	+ 3	46
	soir,		34	38		37	28	+ 2	50
Octobre . .	matin,	24	31	6	24	35	26	+ 4	20
	midi,		40	46		33	28	+ 2	42
	soir,		"			"		"	
Novembre.	matin,	24	31	49	24	33	24	+ 1	35
	midi,		37	55		41	41	+ 3	36
	soir,		"			"		"	
Décembre.	matin,	24	34	3	24	37	4	+ 3	1
	midi,		38	2		41	20	+ 3	18
	soir,		"			"		"	

		Déclinaisons en 1819.			Déclinaisons en 1820.			Différences.	
Janvier . .	matin,	24°	35′	42″	24°	34′	6″	— 1′	36″
	midi,		39	54		37	54	— 2	0
	soir,		"			"		"	
Février . .	matin,	24	34	17	24	32	19	— 1	58
	midi,		39	55		38	7	— 1	48
	soir,		"			"		"	
Mars. . . .	matin,	24	33	18	24	30	47	— 2	31
	midi,		41	42		39	33	— 2	9
	soir,		35	17		33	45	— 1	32
Avril. . . .	matin,	24	32	36	24	30	38	— 1	58
	midi,		43	9		40	29	— 2	40
	soir,		74	59		31	58	— 3	1
Mai	matin,	24	32	42	24	30	42	— 2	0
	midi,		41	22		40	8	— 1	14
	soir,		34	10		33	0	— 1	10
Juin. . . .	matin,	24	31	28	24	29	50	— 1	38
	midi,		41	41		39	16	— 2	25
	soir,		35	9		33	48	— 1	21
Juillet. . .	matin,	24	32	31	24	28	41	— 3	50
	midi,		42	12		39	0	— 3	12
	soir,		34	24		33	26	— 2	11
Août. . . .	matin,	24	32	33	24	30	25	— 2	8
	midi,		42	49		40	0	— 2	49
	soir,		34	24		33	14	— 1	10
Septembre.	matin,	24	32	29	24	31	16	— 1	13
	midi,		41	35		40	29	— 1	6
	soir,		33	27		32	59	— 0	28
Octobre . .	matin,	24	33	27	24	31	0	— 2	27
	midi,		40	8		37	33	— 0	35
	soir,		"			"		"	
Novembre.	matin,	24	32	42	24	32	23	— 0	19
	midi,		38	43		37	38	— 1	5
	soir,		"			"		"	
Décembre.	matin,	24	33	29	24	33	3	— 0	26
	midi,		37	20		36	34	— 0	46
	soir,		"			"		"	

En soustrayant les déclinaisons de 1819 de celles déterminées aux mêmes heures en 1818, on trouverait aussi une colonne de différences négatives, mais seulement à partir du mois d'avril; dans ce mois, en 1819, serait donc, suivant les observations du colonel de Beaufoy, l'origine du mouvement rétrograde de l'aiguille aimantée.

Pour voir d'un coup d'œil à combien s'élèverait maintenant la vitesse moyenne de l'aiguille vers l'est, réunissons ensemble toutes les observations faites aux mêmes heures dans chaque année.

	Déclinaisons moyennes en 1818.			
Matin,	24°	34′	33″	Différences entre 1818 et 1819.
Midi,	24	43	26	— 1′ 32″
Soir,	24	37	10	— 2 34
				— 2 27
	Déclinaisons moyennes en 1819.			
Matin,	24°	33′	06″	
Midi,	24	40	52	
Soir,	24	34	43	Différences entre 1819 et 1820.
	Déclinaisons moyennes en 1820.			— 1′ 50″
Matin,	24°	32′	16″	— 1 48
Midi,	24	39	4	— 1 33
Soir,	24	33	10	

Le mouvement rétrograde annuel moyen est donc égal à 1′ 57″.

Le mouvement total vers l'est, entre 1818 et 1820, se trouve être, d'après cette table :

Par la comparaison des observations du matin. . .	3′	22″
Par celle des observations de midi	4	22
Et, enfin, d'après les observations du soir.	4	00

Ces quantités étant supérieures aux erreurs des obser-

vations, indiquent le mouvement rétrograde de l'aiguille avec une grande probabilité : il est bon, toutefois, de remarquer que, entre les années 1790 et 1791, un mouvement semblable de 3 minutes vers l'est avait déjà eu lieu à Londres, et que néanmoins, en 1792, la marche vers l'ouest avait recommencé, et s'est continuée depuis dans le même sens.

Le colonel Beaufoy a publié, dans le numéro de mai 1822 des *Annales of Phylosophy,* un tableau détaillé d'observations de l'aiguille aimantée pour le mois de mars 1822. Il résulte de ce tableau que les déclinaisons moyennes étaient :

Le matin, à $8^h\ 32^m$	24°	27′	38″
A $1^h\ 29^m$ après midi	24	36	36
A $6^h\ 20^m$ du soir	24	28	45

Ces nombres, comparés à ceux de mars 1819, donnent, pour le mouvement rétrograde de la pointe nord de l'aiguille en trois ans :

Par les observations du matin	5′	21″
Par celles de $1^h\ 1/2$ après midi	5	6
Et par les observations du soir	6	32
Moyenne	5	46

d'où le mouvement annuel moyen rétrograde à 1′ 55″.

Il semblerait que, dans les régions plus septentrionales, le mouvement rétrograde de l'aiguille vers l'ouest s'est manifesté plus tôt que dans nos climats. Voici, en effet, ce que je trouve dans un Mémoire de Wlengel (*Ann. of Phylos.* juill. 1819, p. 57) sur l'état de l'aiguille de déclinaison à Copenhague :

1649.	1°	30′	à l'est.
Vers 1656.	0		
1672.	3	35	ouest.
1806.	18	25	
1817.	17	56	(Le 8 septembre, à 2 h. après-midi.)

En 1737, à Tornea, d'après une moyenne entre les indications de quatre aiguilles différentes, la déclinaison était de 5° 5′ à l'ouest (Maupertuis, *Fig. de la terre*, p. 152); et, en 1695, Bilberg l'avait trouvée de 7° ouest.

Une circonstance digne d'être notée, et qui résulte des tableaux précédents, c'est que la déclinaison a été nulle à Copenhague plus tôt qu'à Londres et qu'à Paris, et nulle aussi à Londres plus tôt qu'à Paris.

CHAPITRE VII.

VARIATION DE LA DÉCLINAISON A LA SURFACE DE LA TERRE.

En passant d'un lieu à un autre sur la surface du globe, on voit la déclinaison de l'aiguille varier très-sensiblement, comme Christophe Colomb l'a constaté le premier. Dans certaines régions de la terre, en Europe par exemple, la déclinaison est maintenant occidentale; dans d'autres parties elle est orientale, et enfin, pour une série des points intermédiaires et qui forment les bandes sans déclinaison, l'aiguille se dirige vers les pôles.

On a observé jusqu'ici trois lignes sans déclinaison que les marins ont suivies jusqu'à des latitudes plus ou moins élevées; on les a tracées sur plusieurs mappemondes, mais les variations de la déclinaison font continuellement

changer leur forme et leur position. Nous avons vu plus haut que l'une d'elles traversait Paris en 1663 ; depuis cette époque, elle s'est constamment avancée vers l'ouest, car maintenant elle passe dans le voisinage de Philadelphie.

On a appelé *méridiens magnétiques* des lignes telles que, si on les suivait avec une boussole, on trouverait constamment le même angle de déclinaison. Ainsi, dans les années 1811 et 1812, M. le capitaine Beaufort a trouvé :

10° de déclinaison occidentale sur divers points d'une ligne droite qui s'étendait de 35° 20′ de latitude nord et 36° 10′ de longitude occidentale (Greenwich), jusqu'à 36° 30′ de latitude et 35° 20′ de longitude ;

11° de déclinaison occidentale sur tous les points de la ligne passant par 35° 20′ de latitude et 32° 10° d'une part, et 36° 40′ de latitude et 30° 56′ de longitude d'autre part ;

Enfin, 12° sur la ligne passant par 35° 20′ de latitude nord, 29° 22′ de longitude occidentale d'une part, et, d'autre part, 36° 40′ de latitude et 28° 25′ de longitude.

On a appelé parallèles magnétiques les courbes tracées à la surface de la terre dans des directions constamment perpendiculaires aux méridiens magnétiques. M. le capitaine Duperrey a publié, en 1836, les cartes qui contiennent les deux sortes de lignes telles qu'elles résultaient alors des observations de la déclinaison de l'aiguille aimantée. Pour les raisons que nous venons de dire, ces sortes de lignes varient avec le temps.

Les plus grandes déclinaisons de l'aiguille aimantée

ont été observées pendant les voyages de Cook et du chevalier de Langle; le premier a trouvé, par 60° de latitude australe et par 92° 35′ de longitude, que l'aiguille déviait à l'orient de 46° 6′; le second de ces navigateurs a observé une déclinaison de 45° vers le 62° degré de latitude nord, entre le Groënland et la terre de Labrador; dans ce dernier point, comme on voit, la direction de l'aiguille n'indique pas plutôt le couchant que le nord.

CHAPITRE VIII.

VARIATIONS ANNUELLES DE L'AIGUILLE DE DÉCLINAISON.

L'aiguille magnétique, outre le mouvement général qui la transporte graduellement, d'année en année, vers l'est ou vers l'ouest, outre les variations diurnes dont nous parlerons dans le chapitre suivant, outre les variations irrégulières dont nous nous occuperons dans une Notice spéciale sur les aurores boréales, est assujettie à des oscillations annuelles, découvertes par Cassini, et qui paraissent liées aux positions du soleil relativement aux équinoxes et aux solstices.

D'après ce savant, dans l'intervalle du mois de janvier au mois d'avril, l'aiguille aimantée s'éloigne du pôle nord, en sorte que la déclinaison occidentale augmente.

A partir du mois d'avril et jusqu'au commencement de juillet, c'est-à-dire durant tout le temps qui s'écoule entre l'équinoxe de printemps et le solstice d'été, la déclinaison diminue, ou, en d'autres termes, l'extrémité nord de l'aiguille se rapproche du pôle.

Après les solstices d'été et jusqu'à l'équinoxe du prin-

temps suivant, l'aiguille reprend son chemin vers l'ouest, de manière qu'en octobre elle se retrouve à fort peu près dans la même direction qu'en mai : entre octobre et mars, le mouvement occidental est plus petit que dans les trois mois précédents.

On voit, en résumé, que, durant les trois mois compris entre l'équinoxe de printemps et le solstice d'été, l'aiguille rétrograde vers l'est, et que, dans les neuf mois suivants, sa marche générale, au contraire, est dirigée vers l'ouest.

Les variations diurnes de l'aiguille étant très-sensibles, un grand nombre de déclinaisons différentes pouvant être observées toutes les vingt-quatre heures, on se demandera sans doute quelles sont, parmi ces diverses déclinaisons journalières, celles qu'on adopte pour établir les lois précédentes? Je répondrai que ces lois se vérifient également, soit qu'on se borne, dans la discussion, aux seules déclinaisons maximum ou aux seules déclinaisons minimum. Toutefois, pour rendre les évaluations de Cassini numériquement comparables à celles que je rapporterai plus tard, j'ai déduit de ses résultats les valeurs des déclinaisons moyennes, et c'est d'après ces seules déclinaisons que j'ai formé le tableau suivant.

J'avertirai que j'appelle ici, comme je l'ai déjà fait dans tout ce qui précède, déclinaison moyenne de l'aiguille pour un jour donné, la demi-somme des deux déclinaisons maximum et minimum observées ce jour-là, sans examiner, pour le moment, si cette demi-somme représente véritablement la moyenne dans l'acception mathématique de cette expression. La déclinaison moyenne

correspondante à un mois s'obtient en additionnant les moyennes de tous les jours du mois, et en divisant la somme par le nombre de ces jours.

Tableau des déclinaisons moyennes de Paris.

	1784.	1785.	1786.	1787.	1788.	Moyenne des 5 années.
Janvier,	— 4′ 29″	18′ 19″	27′ 3″	33′ 9″	39′ 31″	22′ 43″
Février,	— 4 53	20 2	27 36	37 42	41 25	24 22
Mars,	+ 2 53	19 44	28 36	48 59	40 46	28 12
Avril,	+ 3 39	19 12	30 47	49 58	53 21	31 23
Mai,	+ 2 39	17 31	27 51	46 47	49 58	28 57
Juin,	— 2 59	14 26	17 43	40 4	46 46	23 12
Juillet,	— 2 31	14 26	20 56	35 26	46 17	22 55
Août,	— 0 58	15 39	20 39	37 50	45 19	23 42
Septembre,	+ 3 13	18 9	24 57	42 33	46 17	26 2
Octobre,	+ 9 58	21 11	30 54	47 42	52 6	32 22
Novembre,	+ 12 18	26 32	26 52	35 18	54 42	31 8
Décembre,	+ 13 54	27 13	32 30	39 12	52 1	32 58

Les nombres négatifs, que la colonne de 1784 renferme, montrent que, dans cette année, l'index de l'aiguille était à droite du zéro de la division. On n'a pas marqué les degrés ; ici ils étaient inutiles.

Réunissons maintenant, de la même manière, les observations faites à Londres par M. Gilpin, dans les environs des équinoxes et des solstices.

Tableau des déclinaisons moyennes de Londres.

Années.	Mars.	Juillet.	Septembre.	Décembre.
1793	23° 48′.8	23° 48′.5	23° 52′.6	23° 52′.3
1795	23 57 .5	23 57 .1	23 60 .4	23 59 .4
1796	23 61 .1	23 58 .7	23 60 .1	23 61 .3
1797	24 1 .5	24 0 .2	24 1 .4	24 1 .3
1798	24 0 .6	24 0 .0	24 1 .4	24 1 .4
1799	24 1 .1	24 0 .6	24 2 .9	24 2 .3
1800	24 3 .6	24 1 .8	24 3 .6	24 3 .3
1801	24 5 .2	24 2 .8	24 3 .8	24 5 .4

Années.	Mars.	Juillet.	Septembre.	Décembre.
1802	24° 6'.9	24° 5'.3	24° 8'.7	24° 6'.8
1803	24 8.0	24 7.0	24 10.5	24 10.7
1804	24 9.4	24 6.0	24 8.9	24 9.0
1805	24 8.7	24 7.8	24 10.0	24 9.4
Moyennes..	24 2.7	24 1.3	24 3.7	24 3.6

Les observations précédentes nous donnent donc, comme celles de Paris, un maximum de déclinaison vers l'équinoxe de printemps et un minimum au solstice d'été; mais, ici, l'amplitude de l'oscillation est beaucoup moindre. Cet affaiblissement ne me semble pas pouvoir être expliqué par les imperfections de la suspension à chape qu'employait M. Gilpin, puisque ces mêmes observations donnent, dans les différentes saisons, des variations diurnes aussi grandes que celles d'une aiguille supportée par un fil de soie écrue [1]. Sans avoir la prétention d'indiquer ici la cause d'une si singulière variation, j'espère qu'on me permettra quelques rapprochements qui peut-être ne sont pas sans intérêt.

L'époque de 1786, dans laquelle observait Cassini, et celle de 1800, correspondante aux mesures de M. Gilpin, ne me paraissent différer essentiellement l'une de l'autre, sous le rapport du magnétisme, qu'en un seul point; en 1786, le changement annuel de déclinaison moyenne était

1. Voici les valeurs moyennes de ces variations diurnes, à Londres, d'après M. Gilpin, dans l'intervalle compris entre 1793 et 1805 :

En mars	8'.5
En juin.	11.2
En juillet.	10.6
En septembre	8.7
En décembre.	3.7

de 9′; ce changement, en 1800, s'élevait à peine à 1′ : or, n'est-il pas digne de remarque que le mouvement rétrograde qu'éprouve l'aiguille entre l'équinoxe de printemps et le solstice d'été se soit affaibli en même temps que le mouvement général et annuel vers l'ouest. Si ces deux phénomènes ont une liaison réelle, l'oscillation rétrograde du printemps ne doit plus subsister maintenant, puisque nous avons vu que la déclinaison occidentale a atteint son maximum, et que même elle commence à diminuer; or, je trouve dans les observations du colonel Beaufoy, en les groupant, comme je l'ai fait, dans le tableau suivant, la confirmation de ma conjecture.

Tableau des déclinaisons moyennes déduites des observations de M. Beaufoy, et correspondantes aux divers mois des années **1817, 1818, 1819** *et* **1820.**

	1817.	1818.	1819.	1820.	Moyenne des 3 dernières années.
Janvier,	24° ″ ″	24° 36′ 59″	24° 37′ 48″	24° 35′ 0″	24° 36′ 56″
Février,	″ ″	37 37	37 6	35 18	36 39
Mars,	″ ″	37 27	37 30	35 10	36 42
Avril,	38 47	39 28	37 52	35 33	37 38
Mai,	37 28	41 4	37 2	35 25	37 51
Juin,	36 42	39 29	36 35	34 33	36 52
Juillet,	36 40	39 37	37 22	33 51	36 57
Août,	37 4	40 19	37 41	35 13	37 44
Septembre,	37 18	39 25	37 2	35 53	37 27
Octobre,	35 [illegible]	34 27	38 47	35 17	36 10
Novembre,	34 52	37 33	35 43	35 1	36 6
Décembre,	36 3	39 12	35 25	34 40	36 29

On voit qu'ici l'oscillation périodique découverte par Cassini et confirmée par M. Gilpin n'a plus lieu. Cette oscillation, après avoir cessé d'exister, ne se manifestera-t-elle pas en sens contraire ou à d'autres époques de

l'année, lorsque le mouvement de l'aiguille vers l'est sera devenu un peu plus rapide? Des observations ultérieures serviront à résoudre cette question; en attendant, je transcrirai ici un tableau que je trouve dans les *Memoirs of the american Academy*, et qui contient les déclinaisons déterminées à Salem (États-Unis d'Amérique), en 1810, par Bowditch. Le lecteur remarquera qu'à Salem la déclinaison est occidentale, et que, depuis un grand nombre d'années, elle diminue graduellement d'environ 2' par an.

Déclinaisons moyennes.

Avril 1810	6°	21′	21″ ouest.
Mai		23	36
Juin		25	42
Juillet		28	51
Août		29	44
Septembre		25	21
Octobre		21	42
Novembre		19	11
Décembre		12	35
Janvier 1811		20	55
Février		21	19
Mars		20	29
Avril		23	39
Mai		21	38

Ces résultats n'offrent plus aucune trace de la période de Cassini; car la déclinaison, loin de diminuer entre l'équinoxe de printemps et le solstice d'été, s'est graduellement accrue depuis le mois d'avril jusqu'au mois d'août. Par compensation, on remarque une diminution fort sensible de cet angle entre septembre et décembre. Ne pourrait-on pas conclure de là que la période en question subsiste encore, mais qu'elle s'est transportée du printemps en automne? Si cette conjecture, dont je sens,

au reste, moi-même, toute l'insuffisance, sur le petit nombre d'observations de Bowditch, se confirme par la suite, les oscillations annuelles seront réglées par ces principes très-simples :

Quand l'aiguille, la déclinaison étant occidentale, s'éloigne annuellement du méridien, elle éprouve, au printemps, un mouvement rétrograde qui la rapproche de ce plan (C'est ce que Cassini avait découvert.);

Cette oscillation rétrograde est d'autant plus étendue, que le changement annuel de déclinaison est plus grand (Ceci résulte de la comparaison des observations de Cassini avec celles de M. Gilpin.);

L'oscillation disparaît, et tous les mois donnent à peu près la même déclinaison moyenne, quand l'aiguille étant parvenue à la limite de sa digression occidentale, le changement annuel de déclinaison est nul (Observations de M. Beaufoy.);

Enfin, lorsque la déclinaison occidentale diminue d'année en année, on n'observe plus d'oscillation remarquable de l'aiguille vers l'est qu'entre les mois de septembre et de décembre (Observations de Bowditch.).

CHAPITRE IX.

VARIATIONS DIURNES DE L'AIGUILLE DE DÉCLINAISON.

La découverte des variations diurnes de l'aiguille aimantée remonte à l'année 1722; elle a été faite par Graham. Depuis lors, ce curieux phénomène a fixé l'attention d'un grand nombre d'observateurs, et néanmoins, on doit l'avouer, il est encore enveloppé dans une grande

obscurité. Tous les physiciens admettent que, en Europe, l'extrémité boréale de l'aiguille aimantée marche, tous les jours, de l'est à l'ouest, depuis le lever du soleil jusqu'aux approches d'une heure après-midi, et qu'ensuite elle rétrograde vers l'est; ils admettent aussi que l'étendue de ces oscillations journalières est plus grande en été qu'en hiver. Mais tout cela est-il bien certain? Est-il vrai aussi, par exemple, que la position géographique ait sur ces phénomènes quelque influence, et que l'aiguille, comme quelques observateurs l'ont cru, se déplace beaucoup moins, toutes les vingt-quatre heures, près de l'équateur terrestre que dans nos climats?

Les académiciens de Pétersbourg ont plusieurs fois annoncé que, dans cette ville, la déclinaison ne varie ni du matin au soir, ni du jour au lendemain, ni même d'une année à l'autre. Malgré la confiance que les noms d'Euler, de Krafft, etc., peuvent inspirer, une anomalie aussi extraordinaire doit-elle être admise, tant qu'elle ne se fondera pas sur des observations nombreuses et faites avec des instruments très-précis?

Lorsqu'on pousse l'exactitude, dans l'observation des oscillations diurnes de l'aiguille aimantée, jusqu'aux secondes de degrés, on ne trouve pas dans l'année deux jours qui se ressemblent parfaitement : ceci tient sans doute aux changements perpétuels des circonstances atmosphériques; mais on conçoit combien il serait inutile d'essayer quelque hypothèse à cet égard, tant que des observations exactes et correspondantes n'auront pas appris si ces perturbations sont locales, ou si elles s'observent simultanément dans des lieux éloignés.

Deux causes principales semblent donc avoir nui aux progrès qu'on a faits jusqu'ici dans l'étude des phénomènes magnétiques, savoir : d'une part, le manque d'observations correspondantes faites dans des lieux suffisamment éloignés, et, de l'autre, l'imperfection des instruments. Le Bureau des Longitudes ayant fait établir récemment, à l'Observatoire, un appareil extrêmement précis, construit par Fortin, on pourra donner à cette branche de la physique toute l'attention qu'elle mérite. J'ai pu faire pour ma part des observations suivies sur ce sujet de 1818 à 1835; leur discussion fera l'objet du chapitre suivant.

Si je ne me trompe, il n'existait naguère en Europe qu'un seul endroit (l'Observatoire de *Bushey-Heath,* près de Londres) où l'on suivit régulièrement les variations diurnes de l'aiguille aimantée. On doit regretter que le propriétaire de cet établissement, le colonel Beaufoy, dont tous les physiciens ont été à même d'apprécier le mérite, se soit servi, dans ses observations, d'une aiguille supportée par une chape, et qu'il n'ait pas préféré de la suspendre, comme le faisait Coulomb, à un fil sans torsion.

M. Beaufoy a déduit de ses observations les valeurs suivantes des variations diurnes dans les divers mois de l'année. Je remarquerai ici, une fois pour toutes, que les observations du matin sont faites généralement à huit heures quarante minutes; celles du milieu du jour, à une heure vingt minutes, et les observations du soir à sept heures cinquante minutes; les variations du matin représentent donc le mouvement de l'aiguille entre huit heures

quarante minutes et une heure vingt minutes; celles du soir, le mouvement contraire qui a lieu entre une heure quarante minutes et sept heures cinquante minutes du soir.

		1817.	1818.	1819.	1820.	Moyennes.
Janvier . .	matin,	″′ ″″	5′ 55″	4′ 12″	3′ 48″	4′ 28″
	soir,	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″
Février . .	matin,	″ ″	6 29	5 38	5 48	5 59
	soir,	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″
Mars. . . .	matin,	″ ″	8 19	8 24	8 46	8 30
	soir,	″ ″	7 50	6 25	5 48	6 41
Avril. . . .	matin,	12 51	10 44	10 33	9 31	11 0
	soir,	8 45	8 14	8 10	8 31	82 5
Mai	matin,	10 15	9 31	8 40	9 26	9 28
	soir,	7 50	7 14	7 12	7 8	7 21
Juin	matin,	11 5	11 24	10 13	9 26	10 32
	soir,	7 29	7 31	6 32	5 28	6 45
Juillet. . .	matin,	10 52	10 35	9 41	10 19	10 22
	soir,	6 23	6 45	6 35	5 34	6 19
Août. . . .	matin,	11 35	11 18	10 16	9 35	10 41
	soir,	9 6	8 8	8 25	6 46	8 6
Septembre.	matin,	8 34	10 53	9 6	9 13	9 27
	soir,	6 58	7 54	8 6	7 30	7 37
Octobre . .	matin,	9 40	7 52	6 41	8 33	8 11
	soir,	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″
Novembre.	matin,	6 6	8 17	6 10	5 15	6 25
	soir,	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″
Décembre.	matin,	3 59	4 16	3 51	3 31	3 54
	soir,	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″	″ ″

Les observations du soir manquent dans les mois de janvier, février, novembre et décembre, le jour étant alors trop faible pour qu'on puisse distinguer les mires.

On voit que l'étendue moyenne des oscillations journalières de l'aiguille, pour les divers mois de l'année, est comprise entre trois et douze minutes. Ces oscillations ont

été à leur maximum en avril et août; le minimum a été observé en décembre.

L'étendue de la variation diurne n'est donc pas la même dans tous les mois de l'année; elle est également variable dans les différents lieux de la terre.

Plusieurs circonstances atmosphériques, et surtout les aurores boréales, influent sensiblement sur l'étendue des variations diurnes de l'aiguille. Cette étendue semble aussi diminuer à mesure qu'on se rapproche de l'équateur, et peut-être encore des points où la déclinaison absolue est très-petite. A Sainte-Hélène et à Sumatra, par exemple, les variations diurnes ne montent guère qu'à 2′ ou 3′.

Mais, à cet égard, il y aurait à faire de nouvelles observations suffisamment prolongées et entreprises avec de bons instruments.

Dans l'hémisphère *nord*, la pointe d'une aiguille horizontale aimantée, qui se tourne vers le *nord*, marche :

De l'est à l'ouest, depuis huit heures un quart du matin jusqu'à une heure un quart après midi;

De l'ouest à l'est, depuis une heure un quart après midi jusqu'au soir.

Notre hémisphère ne peut avoir, à cet égard, aucun privilége; ce qu'y éprouve la pointe nord doit se produire sur la pointe sud, au sud de l'équateur. Ainsi :

Dans l'hémisphère *sud*, la pointe d'une aiguille horizontale aimantée, qui se tourne vers le *sud*, marchera :

De l'est à l'ouest, depuis huit heures un quart du matin jusqu'à une heure un quart après midi;

De l'ouest à l'est, depuis une heure un quart aprèsmid jusqu'au soir.

L'observation, au surplus, s'est trouvée d'accord avec le raisonnement.

Comparons maintenant les mouvements simultanés des deux aiguilles, en les rapportant à la même pointe, à celle qui est tournée vers le nord.

Dans l'hémisphère *sud*, la pointe tournée vers le *sud* marche :

De l'est à l'ouest, depuis huit heures un quart du matin jusqu'à une heure un quart après midi; donc la pointe *nord* de la même aiguille éprouve le mouvement contraire; ainsi définitivement :

Dans l'hémisphère *sud*, la pointe tournée vers le *nord* marche :

De l'ouest à l'est, depuis huit heures un quart du matin jusqu'à une heure un quart après midi; c'est précisément l'opposé du mouvement qu'effectue aux mêmes heures, dans notre hémisphère, la même pointe nord.

Supposons qu'un observateur, partant de Paris, s'avance vers l'équateur. Tant qu'il sera dans notre hémisphère, la pointe nord de son aiguille effectuera tous les matins un mouvement vers l'occident; dans l'hémisphère opposé, la pointe nord de cette même aiguille éprouvera tous les matins un mouvement vers l'orient. Il est impossible que ce passage du mouvement occidental au mouvement oriental se fasse d'une manière brusque : il y a nécessairement entre la zone où s'observe le premier de ces mouvements, et celle où s'opère le second, une ligne où, le matin, l'aiguille ne marche ni à l'orient ni à l'occident, c'est-à-dire reste stationnaire.

Une semblable ligne ne peut pas manquer d'exister;

mais où la trouver? Est-elle l'équateur magnétique, l'équateur terrestre, ou bien quelque courbe d'égale intensité?

Des recherches faites pendant plusieurs mois, sur des points situés dans l'un des espaces que l'équateur terrestre et l'équateur magnétique comprennent entre eux, tels que Fernambouc, Payta, la Conception, les îles Pelew, etc., conduiraient certainement à la solution désirée; mais plusieurs mois d'observations assidues seraient nécessaires, car, malgré l'habileté de l'observateur, les courtes relâches de M. le capitaine Duperrey à la Conception et à Payta, faites à la demande de l'Académie, ont laissé subsister quelques doutes.

La science s'est enrichie, depuis quelques années, d'un bon nombre d'observations de variations diurnes de l'aiguille aimantée; mais la plupart de ces observations ont été faites ou dans des îles ou sur les côtes occidentales des continents. Des observations analogues correspondantes, faites sur des côtes orientales, seraient aujourd'hui très-utiles : elles serviraient, en effet, à soumettre à une épreuve presque décisive la plupart des explications qu'on a essayé de donner de ce mystérieux phénomène.

J'ai toujours pensé, quant à moi, que les variations diurnes de l'aiguille aimantée étaient liées à la marche du soleil. J'ai été heureux de voir confirmer mes idées à cet égard, et c'est ce que j'ai constaté, à la date du 26 juillet 1837, dans une séance du Bureau des Longitudes dont le procès-verbal contient la mention suivante :

« M. Arago annonce le retour de M. d'Abbadie. M. d'Abbadie dit avoir observé, ainsi que M. Arago

avait pensé que cela pourrait être dans les régions tropicales, que la variation diurne de déclinaison a complétement changé à Fernambouc du moment où le soleil a passé d'un côté du zénith à l'autre. »

Pour donner plus de perfection aux observations des variations diurnes de l'aiguille aimantée, peut-être y aurait-il lieu de chercher à en augmenter l'amplitude. C'est pour cette raison que j'appelle l'attention des physiciens sur l'analyse suivante d'un Mémoire lu, les 5 et 12 juin 1823, à la Société royale, par M. Pierre Barlow, de Woolwich, analyse que j'insérai, en son temps et lieu, dans les *Annales de Chimie et de Physique* :

« M. Barlow imagina qu'en atténuant l'action qu'exerce le globe terrestre sur une aiguille aimantée, comme les minéralogistes ont l'habitude de le faire quand ils veulent découvrir de légères traces de fer dans les corps, on rendrait les variations diurnes beaucoup plus considérables qu'elles ne le sont naturellement. En suivant cette idée, il trouva que le moyen le plus convenable d'arriver au but était de présenter au pôle d'une aiguille le pôle semblable d'un barreau, et le pôle opposé d'un autre barreau au second pôle de la même aiguille. Par là, la variation diurne d'une aiguille horizontale, qui d'abord n'était que de quelques minutes, s'éleva jusqu'à 3° 40', ensuite à 7° 0', et enfin aussi haut qu'on le désirait.

« En approchant les deux barreaux opposés l'un de l'autre et de l'aiguille, on peut transporter celle-ci aussi loin qu'on le veut du méridien magnétique, et observer ses variations diurnes dans toutes les positions, c'est-à-dire, quand sa pointe nord est dirigée au sud, à l'est, à

l'ouest, etc., etc. M. Barlow trouva constamment que les variations diurnes étaient à leur maximum lorsque l'aiguille pointait à l'est ou à l'ouest, et qu'elles devenaient presque imperceptibles si elle se dirigeait près du nord-nord-ouest ou du sud-sud-est. Depuis le nord-nord-ouest jusqu'au sud, le principal mouvement diurne transportait la pointe nord de l'aiguille vers le nord du monde : entre le sud-sud-est et le nord, cette pointe marchait aussi vers le nord. Les mouvements, dans les deux cas, se faisaient donc en sens contraire.

« Une aiguille horizontale dont on dirigeait la pointe, par l'influence des barreaux voisins, vers le nord ou vers le sud, exécutait, dans la maison de M. Barlow, sa variation diurne vers le nord. Dans le jardin, la même variation s'effectuait vers le sud. M. Barlow s'est assuré que cette singulière anomalie ne dépendait pas d'un changement dans les positions relatives des barreaux et de l'aiguille. Ayant soupçonné que la lumière pouvait être la cause du phénomène, il observa, pendant deux jours consécutifs, les fenêtres de l'appartement restant fermées : l'irrégularité persista, mais elle fut atténuée. Imaginant enfin qu'une étuve en métal, placée dans la maison, pouvait éprouver une variation diurne dans sa force magnétique, il transporta une bombe dans le jardin, et la plaça, relativement à l'aiguille, comme l'étuve l'était dans la maison. Après ce changement, le maximum d'effet, au lieu d'être sept heures du matin, s'observait à quatre heures du soir; mais l'anomalie dans la direction du mouvement persista.

« M. Christie, dont la maison est assez éloignée de

celle de M. Barlow, remarqua une anomalie semblable.

« Notre auteur paraît disposé à attribuer les variations diurnes à un changement dans l'intensité magnétique du globe, produite par l'action des rayons solaires. Ce changement dépendrait, quant à sa valeur, de la déclinaison de l'astre, c'est-à-dire, de sa position relativement au plan d'attraction nulle. L'expérience faite dans la chambre obscure l'a porté à penser que la cause excitante des variations diurnes se trouve dans les rayons lumineux, et non dans les rayons calorifiques du soleil.

« Le même professeur Christie, dont nous avons parlé plus haut, croit, au contraire, que le changement de déclinaison tient aux rayons de chaleur, et non pas aux rayons de lumière. Un changement de température d'un seul degré Farenheit, dans les barreaux placés auprès de l'aiguille, altérait d'un degré la position de celle-ci. En échauffant l'un de ces barreaux avec la main, l'aiguille changea de position de 2 à 3°, pendant des expériences faites en présence de MM. Œrsted et Barlow. »

Haüy est, je crois, le premier qui ait signalé les avantages qu'on peut tirer, pour des expériences où l'on se propose d'apprécier de très-petites actions magnétiques, d'une aiguille délicatement suspendue dont a affaibli la force directrice, en plaçant près d'elle, dans la position convenable, un barreau aimanté. (Voyez le *Traité des pierres précieuses*, p. 176 et suiv.) M. Biot a depuis signalé cette méthode comme étant propre à agrandir presque indéfiniment les variations diurnes. (*Traité élémentaire de Physique*, II. 101. Seconde édition. 1821.) C'est donc le projet de M. Biot que M. Barlow a réalisé.

CHAPITRE X.

OBSERVATIONS DE M. ARAGO SUR LES VARIATIONS DIURNES DE LA DÉCLINAISON A PARIS, DE 1818 A 1835.

Le Bureau des Longitudes a fait établir, à l'Observatoire de Paris, une boussole consacrée exclusivement aux variations diurnes de la déclinaison; les observations ont commencé en septembre 1818. Dans le courant de 1819, le barreau d'acier qui était suspendu à plat éprouva, *sans aucune cause apparente*, un changement subit de direction; les variations diurnes se trouvèrent en même temps réduites presque au dixième deleur valeur primitive, tandis que l'intensité magnétique s'était considérablement accrue. Lorsque j'eus reconnu que ce nouvel état de choses ne changeait point, je fis démonter l'instrument, et après avoir modifié quelques-unes de ses pièces, je suspendis encore le barreau à un fil sans torsion, mais de manière que sa face la plus large, au lieu d'être horizontale comme la première fois, se trouve maintenant verticale. Ces changements ne permirent de commencer une nouvelle série d'observations qu'en février 1820; depuis elles ont marché avec une grande régularité jusqu'en novembre 1835. J'avais d'abord seulement l'intention de reconnaître, par l'examen des déclinaisons correspondantes aux diverses heures de la journée dans deux années consécutives, si le mouvement rétrograde de l'aiguille vers le nord que m'avaient déjà indiqué des observations isolées se confirmait. Je crus devoir ensuite étendre mon travail beaucoup plus que cette première

question ne l'aurait exigé, et cela dans l'espérance qu'en comparant mes observations à celles que les navigateurs anglais comptaient faire simultanément dans les régions polaires, on arriverait à quelque résultat utile. L'étude des écrits de mes devanciers m'apprit bientôt que, malgré l'énorme masse d'observations de variations diurnes faites dans divers temps et en divers lieux, plusieurs circonstances capitales exigeraient de nouvelles recherches. Je crus voir, par exemple, que les heures des *maxima* et des *minima* moyens n'avaient pas été exactement déterminées; qu'on ne savait point si ces heures étaient les mêmes dans toutes les saisons, etc., etc.; je m'imposai aussitôt l'obligation de consulter l'aiguille chaque jour, de quart d'heure en quart d'heure, durant une heure et demie le matin, vers l'époque du *minimum* de déclinaison, et durant une heure et demie dans l'après-midi, vers l'instant où le *maximum* arrive.

J'ai trouvé qu'à Paris l'aiguille horizontale a *ordinairement* une marche très-régulière. Tous les jours, dans la même semaine, elle fait, à quelques secondes près, des excursions d'égale amplitude. Les heures des *maxima* et des *minima* de déclinaison sont si constantes qu'on pourrait vraiment s'en servir pour régler sa montre à moins d'un quart d'heure près. Cette circonstance m'a permis de donner à nos observations un grand degré de certitude, de telle sorte qu'on peut avoir toute confiance dans les résultats déduits de mes registres.

[Les registres qu'a laissés M. Arago sur les variations diurnes de l'aiguille aimantée de déclinaison sont au nombre de six, formant chacun un volume grand in-folio

composé de 300 à 400 pages, en tout 2,076 pages, qui sont, à une centaine près, entièrement de la main de l'illustre astronome. On comprend que nous ne puissions pas reproduire ici cet immense travail. Grâce à l'habileté consciencieuse et pleine de sagacité de M. Fédor Thoman, qui a bien voulu faire les calculs minutieux et pénibles qu'exige la transformation des chiffres bruts donnés par l'expérience, nous pouvons présenter seulement un résumé exact de la plus admirable série d'observations magnétiques que la science possédera dorénavant.

Pour établir les tableaux suivants, qui donnent les moyennes mensuelles des valeurs absolues de la déclinaison et de ses variations diurnes pendant treize ans, nous avons suivi la marche tracée par M. Arago lui-même dans la discussion des observations de ses prédécesseurs, discussion que contiennent les chapitres précédents de cette Notice. Le zèle et le dévouement scientifiques de M. Fédor Thoman, sa grande habitude des calculs sont déjà une garantie de l'exactitude des nombres que nous allons donner et que nous avons vérifiés pour la plupart. Le dépôt dans la bibliothèque de l'Institut de tous les registres laissés par M. Arago, et des cahiers qui contiennent les calculs de M. Thoman, permettra en outre de vérifier au besoin si nous avons scrupuleusement résumé les faits qui résultent des observations.

Le plus souvent M. Arago a fait en moyenne onze observations par jour, commençant à sept heures du matin et se terminant à onze heures du soir. Quelquefois on le voit observer d'heure en heure jusqu'à minuit et demi, et être déjà levé à quatre heures du matin pour reprendre

la même œuvre le lendemain. Dans certaines circonstances, les observations se succèdent de cinq en cinq, de trois en trois minutes, et il y en a alors plus de 150 par jour. Les lundis, jours des séances de l'Académie, il y a une lacune de deux heures à six heures de l'après-midi.

Le nombre total des observations effectuées s'élève à 52,599. Nous en donnons le tableau mois par mois et année par année, afin de faire voir le degré de certitude des moyennes calculées plus loin ; lorsque les heures des *maxima* et des *minima* des variations diurnes eurent été bien constatées, M. Arago a pu concentrer autour de ces heures les observations quotidiennes et cesser de les disséminer à intervalles égaux dans la journée.

Tableau du nombre des observations de variations diurnes exécutées chaque mois.

Années.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.
1820	"	414	469	467	587	548
1821	375	365	493	492	580	517
1822	464	436	513	477	463	427
1823	349	309	397	451	490	448
1824	287	283	367	354	367	442
1825	397	403	431	418	418	417
1826	302	355	444	418	418	396
1827	360	336	327	364	442	396
1828	353	398	409	417	489	426
1829	355	272	372	432	311	302
1830	383	285	473	448	469	352
1831	191	187	260	250	211	230
1835	180	167	"	"	"	"
Totaux. .	3,996	4,205	4,955	4,988	5,244	4,901

Années.	Juillet.	Août.	Septemb.	Octob.	Novemb.	Décemb.	Totaux de chaque année.
1820	509	568	539	474	411	460	5,446
1821	484	502	467	451	505	444	5,675
1822	399	333	151	365	339	296	4,663
1823	465	358	277	292	288	257	4,381
1824	400	357	317	374	312	288	4,148
1825	421	372	314	74	283	243	4,191
1826	384	340	311	399	379	300	4,446
1827	408	372	421	419	319	299	4,458
1828	421	394	356	413	347	292	4,710
1829	506	409	395	827	540	409	5,220
1830	243	86	40	111	184	53	3,127
1831	"	"	"	"	"	"	1,329
1835	"	"	"	215	243	"	805
Totaux.	4,635	4,091	3,588	4,414	4,150	3,341	52,599

Il résulte de l'examen de toutes les observations que chaque jour l'aiguille aimantée suspendue horizontalement fait deux oscillations complètes, et par conséquent deux déclinaisons *maxima* et deux déclinaisons *minima*, de la manière suivante :

1° A partir de onze heures du soir, la partie nord de l'aiguille marche de l'occident à l'orient, atteint une déclinaison *minimum* à huit heures un quart du matin, et rétrograde ensuite vers l'occident pour atteindre sa déclinaison *maximum* à une heure un quart;

2° A partir d'une heure un quart, l'aiguille marche de nouveau vers l'orient, atteint un second *minimum* entre huit et neuf heures du soir, et revient ensuite vers l'occident pour atteindre son second *maximum* à onze heures du soir.

L'amplitude la plus grande est celle de la demi-oscillation qui s'exécute de huit heures du matin à une heure de l'après-midi; en d'autres termes, pour revenir de son

excursion orientale vers l'occident, l'aiguille s'y reprend à deux fois. Son mouvement d'ailleurs n'est pas absolument régulier. L'aiguille semble au contraire marcher en effectuant de petites oscillations en général peu sensibles. Dans les registres de M. Arago, ce phénomène est signalé pour presque toutes les observations.

Dans le tableau suivant, nous avons réuni les valeurs des variations diurnes moyennes de chaque mois pour les treize années d'observations. Les nombres qui y sont compris ont été obtenus en prenant la différence entre la plus grande et la plus petite déclinaison de chaque jour, et en divisant la somme des différences d'un mois par le nombre de jours de ce mois, pendant lesquels les observations ont été exécutées.

Tableau des variations diurnes mensuelles moyennes de l'aiguille de déclinaison.

Années.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.
1820	"	8' 54".88	12' 6".28	12' 57".92
1821	8' 39".07	7 26 .67	11 21 .38	12 20 .02
1822	5 8 .41	6 44 .11	10 4 .01	11 19 .13
1823	5 34 .04	4 43 .16	9 42 .68	11 53 .57
1824	4 26 .13	4 45 .96	9 18 .55	10 8 .13
1825	5 26 .75	8 13 .45	11 23 .43	12 54 .36
1826	5 51 .17	8 2 .12	12 16 .19	12 33 .78
1827	6 11 .46	8 14 .29	11 55 .43	16 7 .05
1828	7 34 .15	10 35 .36	13 5 .49	14 44 .93
1829	11 27 .92	11 19 .79	11 58 .79	14 14 .99
1830	8 55 .73	8 22 .63	14 5 .92	14 43 .52
1831	11 49 .06	8 55 .82	9 15 .28	16 13 .70
1835	6 4 .82	7 40 .79	"	"
Moyennes..	7 15 .73	8 0 .00	11 22 .79	13 20 .92

Années.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.
1820	12′ 3″.66	11′ 2″.76	10′ 52″.84	11′ 14″.08
1821	10 39 .47	10 33 .39	10 29 .28	10 39 .56
1822	10 49 .66	11 13 .61	10 17 .67	10 30 .59
1823	10 16 .17	9 51 .57	10 12 .25	9 54 .47
1824	9 15 .64	10 19 .73	9 4 .90	9 51 .29
1825	11 8 .09	11 6 .50	12 26 .20	12 32 .84
1826	11 13 .08	11 57 .30	10 46 .48	10 36 .38
1827	13 7 .27	12 34 .24	11 58 .14	13 7 .92
1828	13 31 .03	15 32 .54	14 17 .05	13 58 .75
1829	12 49 .86	17 19 .09	14 11 .53	13 50 .39
1830	15 50 .69	12 47 .06	11 24 .83	11 58 .24
1831	13 59 .84	13 8 .39	″	″
1835	″	″	″	″
Moyennes. .	12 3 .70	12 17 .18	11 27 .38	11 39 .50

Années.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
1820	11′ 49″.34	8′ 32″.43	8′ 40″.85	6′ 43″.92
1821	9 20 .80	7 31 .07	6 9 .78	3 59 .19
1822	9 22 .02	9 35 .67	6 46 .07	4 3 .40
1823	9 14 .34	7 57 .64	5 20 .39	3 31 .69
1824	8 59 .00	10 17 .67	6 57 .39	4 59 .53
1825	10 36 .19	9 25 .38	6 0 .33	4 47 .64
1826	11 8 .00	10 54 .81	7 9 .46	4 39 .14
1827	12 36 .39	13 13 .07	8 54 .60	7 43 .05
1828	12 11 .04	9 26 .97	6 9 .12	7 8 .33
1829	14 59 .05	16 45 .25	15 34 .04	10 17 .39
1830	13 21 .40	16 1 .82	10 54 .34	10 18 .70
1831	″	″	″	″
1835	″	12 28 .35	17 16 .65	″
Moyennes. .	11 14 .32	11 0 .84	8 49 .42	6 12 .00

Il résulte de ce tableau que le *maximum* moyen de la variation diurne a lieu en avril, et que le *minimum* moyen se présente en décembre. Mais on reconnaît en même temps que ce phénomène est très-variable pour un même mois dans les différentes années. On peut admettre que la variation diurne moyenne est comprise à Paris entre 3 et 17 minutes.

Les registres de M. Arago permettent de calculer avec une grande exactitude la déclinaison absolue pour chaque jour, car ils contiennent des déterminations directes dont quelques-unes ont été insérées dans l'*Annuaire du Bureau des Longitudes* et sont rapportées plus haut (p. 470); en outre, toutes les causes perturbatrices sont indiquées et évaluées avec un soin extrême.

En appelant déclinaison de chaque jour la moyenne entre la déclinaison *maximum* et la déclinaison *minimum*, et en nommant déclinaison moyenne du mois la moyenne des déclinaisons journalières, on obtient le tableau suivant :

Tableau des déclinaisons mensuelles absolues à Paris de 1820 à 1835.

Années.	Janvier.	Février.	Mars.	Avril.
1820	"	22° 24′ 48″.24	22° 24′ 22″.71	22° 23′ 56″.61
1821	22° 23′ 11″.52	— 23 7 .79	— 23 0 .20	— 23 14 .70
1822	— 21 30 .21	— 21 57 .62	— 22 38 .31	— 21 27 .69
1823	— 20 31 .56	— 19 23 .09	— 20 58 .40	— 19 41 .15
1824	— 21 11 .51	— 21 47 .86	— 22 48 .70	— 22 14 .46
1825	— 20 31. 93	— 21 1 .40	— 21 49 .11	— 20 7 .05
1826	— 18 51. 37	— 19 29 .54	— 17 57 .95	— 17 26 .43
1827	— 16 0 .28	— 15 40 .17	— 16 37 .51	— 15 21 .27
1828	— 12 16 .34	— 12 0 .62	— 13 8 .16	— 11 13 .10
1829	— 10 19 .78	— 10 23 .89	— 10 4 .34	— 8 56 .24
1830	— 8 29 .96	— 9 31 .14	— 8 30 .24	— 7 20 .92
1831	— 3 41 .47	— 6 11 .79	— 3 51 .57	— 5 53 .27
1835	21 56 35 .56	21 56 5 .35	"	"

Années.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.
1820	22° 23′ 28″.26	22° 21′ 15″.23	22° 20′ 55″.32	22° 21′ 42″.66
1821	— 22 8 .09	— 20 56 .44	— 21 18 .42	— 21 49 .01
1822	— 21 2 .05	— 19 41 .15	— 19 50 .40	— 20 13 .32
1823	— 19 35 .43	— 19 14 .10	— 19 17 .75	— 19 19 .62
1824	— 21 38 .63	— 19 37 .77	— 19 8 .30	— 20 33 .24
1825	— 19 55 .07	— 19 22 .44	— 18 54 .74	— 19 8 .87
1826	— 16 58 .94	— 16 23 .77	— 15 54 .67	— 17 8 .57

Années.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.
1827	22° 14′ 19″.34	22° 13′ 21″.17	22° 12′ 42″.81	22° 13′ 24″.25
1828	— 10 26 .89	— 10 51 .11	— 10 12 .20	— 10 29 .32
1829	— 7 53 .47	— 7 24 .20	— 7 1 .37	— 7 56 .84
1830	— 5 55 .51.	— 6 23 .12	— 5 2 .48	— 5 12 .58
1831	— 5 21 .28	— 3 28 .46	"	"
1835	"	"	"	"

Années.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Décembre.
1820	22° 22′ 52″.25	22° 22′ 10″.62	22° 21′ 46″.02	22° 21′ 27″.37
1821	— 21 23 .67	— 21 24 .79	— 21 54 .63	— 21 20 .48
1822	— 20 58 .40	— 20 44 .18	— 20 22 .96	— 21 5 .43
1823	— 19 21 .12	— 19 48 .99	— 20 7 .51	— 19 17 .37
1824	— 20 18 .75	— 20 39 .69	— 20 6 .12	— 19 41 .14
1825	— 19 19 .15	— 19 44 .12	— 19 15 .97	— 17 52 .72
1826	— 17 5 .85	— 16 19 .74	— 16 9 .64	— 15 53 .08
1827	— 13 15 .83	— 12 32 .98	— 12 41 .78	— 11 57 .63
1828	— 10 53 .27	— 10 23 .99	— 10 48 .50	— 9 57 .05
1829	— 8 34 .26	— 7 41 .13	— 8 15 .37	— 9 36 .19
1830	— 5 16 .70	— 5 3 .41	— 5 40 .74	— 6 59 .87
1831	"	"	"	"
1835	"	21 52 32 .25	21 53 17 .35	"

En examinant attentivement ce tableau, on observe :

Deux *maxima* vers mars et vers septembre, c'est-à-dire vers les équinoxes ;

Deux *minima* vers juin et vers décembre, c'est-à-dire vers les solstices.

Les périodes constatées par Cassini (voir p. 479) subsistent encore. Au printemps et à l'automne, l'aiguille éprouve un mouvement rétrograde vers l'occident ; elle se rapproche du méridien terrestre aux époques des solstices. Les conclusions qu'on aurait pu tirer des observations trop peu nombreuses de Bowditch (p. 485) ne se vérifient pas.

On voit, par les nombres précédents, que chaque

année l'aiguille se rapproche maintenant du méridien, ou que la déclinaison moyenne diminue durant chaque mois. Mais on reconnaît que des observations faites durant une seule année peuvent induire en erreur, puisque, par exemple, les observations de 1824 donnent des résultats supérieurs à ceux de 1823 et de 1825, de telle sorte que vers cette époque, il y a eu un léger mouvement rétrograde de l'aiguille vers l'ouest. On voit aussi que des observations isolées ne sauraient rien apprendre sur les valeurs réelles du mouvement de l'aiguille aimantée de déclinaison.

En prenant les moyennes des deux déclinaisons mensuelles pour chacune des années contenues dans le tableau précédent, on obtient la déclinaison moyenne de l'aiguille à Paris, pour chaque année, et on calcule facilement le décroissement annuel de la déclinaison par rapport à chaque année précédente. Les résultats de ces calculs sont contenus dans le tableau suivant :

Années.	Valeurs des déclinaisons moyennes annuelles.	Décroissement annuel de la déclinaison occidentale.
1820	22° 22′ 42″.30	"
1821	22 22 4 .14	0′ 38″.16
1822	22 20 57 .64	1 6 .50
1823	22 19 43 .01	1 14 .63
1824	22 20 48 .85	+ 1 5 .84
1825	22 19 45 .21	1 3 .64
1826	22 17 8 .30	2 36 .91
1827	22 13 59 .58	3 8 .72
1828	22 11 3 .38	2 56 .20
1829	22 8 40 .59	2 22 .79
1830	22 6 37 .22	2 3 .37

Le décroissement annuel moyen de la déclinaison de 1820 à 1830 est de 1′ 36″.51.

La marche rétrograde de l'aiguille pour se rapprocher du méridien terrestre n'est pas d'ailleurs uniforme; elle a même présenté, de 1821 à 1823, une irrégularité marquée : l'aiguille s'est alors éloignée de nouveau légèrement vers l'ouest. Le mouvement paraît être actuellement accéléré, car sa vitesse tend à s'accroître. On voit que, pour juger ce phénomène, il ne faut pas s'en rapporter à des observations isolées faites une fois par an, ainsi que M. Arago l'a fait remarquer (p. 469).]

CHAPITRE XI.

DE L'INCLINAISON.

Une aiguille d'acier, soutenue par son centre de gravité, peut rester dans une position horizontale; mais aussitôt qu'elle a acquis la vertu magnétique, elle s'incline très-sensiblement.

L'inclinaison fut observée pour la première fois par Robert Norman en 1576 (*Transactions philosophiques* pour 1738, p. 310).

Dans notre hémisphère, c'est l'extrémité boréale de l'aiguille qui s'abaisse au-dessous de l'horizon; on observe le contraire dans l'hémisphère austral.

On conçoit aisément qu'entre deux positions aussi différentes, il doit exister un grand nombre d'intermédiaires, c'est-à-dire qu'au même moment l'inclinaison doit être différente en différents lieux. On conçoit aussi qu'il doit y avoir des points où l'inclinaison est nulle, c'est-à-dire où l'aiguille se maintient horizontale; la ligne qui contient tous ces points s'appelle l'équateur magnétique.

Les pôles magnétiques sont les points où l'aiguille d'inclinaison resterait verticale.

On appelle lignes d'égale inclinaison celles qu'on obtiendrait si l'on se mouvait à la surface de la terre avec une aiguille aimantée qui conserverait la même inclinaison. Mais comme l'inclinaison varie dans un même lieu avec le temps, il est évident que les lignes d'égale inclinaison doivent se déplacer et peut-être changer de forme. Pour apprécier la valeur que peuvent avoir des observations qui ne sauraient être absolument simultanées, il est nécessaire d'étudier les modifications que subit l'inclinaison dans un lieu déterminé.

CHAPITRE XII.

VARIATIONS ANNUELLES DE L'INCLINAISON.

L'inclinaison diminue tous les ans à Paris. D'anciennes observations indiquaient déjà ce résultat ; on avait trouvé les nombres suivants :

Années.	Inclinaisons.
1671	75°
1754	72 15′
1776	72 25
1780	71 48
1791	70 52

Par des mesures faites avec soin, mon illustre ami de Humboldt a trouvé :

En 1798. . . . . . 69° 51′

A partir de 1810, j'ai fait, à un très-grand nombre de reprises, des observations d'inclinaison avec des instru-

ments variés; je vais réunir ici les résultats que j'ai obtenus, en donnant pour chaque fois la moyenne des quatre observations effectuées tant avant qu'après le renversement des pôles:

7 Octobre 1810 (entre midi et 2 h., temps couvert).

Avant le renversement des pôles. .	68° 47'.4
Après le renversement.	68° 53'.1
Moyenne définitive.	68° 50'.2

Observateurs, MM. Humboldt et Arago (boussole de Lenoir).

18 Septembre 1813 (de 11 h. à 11 h. 1/2).

Avant le renversement.	68° 31'.5
Après le renversement.	68° 39'.8
Moyenne.	68° 35'.7

Observateur, M. Arago.

9 Février 1817 (vers 2 h. de l'après-midi; boussole de Lenoir).

Avant le renversement.	68° 17'.8
Après le renversement.	68° 44'.2
Moyenne.	68° 31'.0

Observateurs, MM. Arago et Freycinet.

14 Mars 1817 (vers 2 h.).

Avant le renversement.	68° 35'.6
Après le renversement.	68° 40'.1
Moyenne.	68° 37'.8

Observateurs, MM. Arago et Freycinet.

Dimanche 16 mars 1817 (vers 2 h.).

Avant le renversement.	68° 34'.3
Après le renversement.	68° 31'.0
Inclinaison.	68° 32'.6

Observateurs, MM. Arago et Freycinet.

Vendredi 26 juin 1818 (de 1 h. à 3 h.; beau ciel, quelques nuages).
(Boussole de M. Ritchie, par Gambey.)

Première aiguille.

Avant le renversement.	68° 22′.25
Après le renversement.	68° 29′.75
Moyenne.	68° 26′.0

Observateur, M. Arago.

11 Juillet 1818 (de 11 h. à 2 h. 1/2; ciel nuageux; un peu de vent).

(Boussole de M. Ritchie par Gambey.)

Deuxième aiguille.

Avant le renversement.	68° 43′.10
Après le renversement.	68° 27′.55
Moyenne.	68° 35′.32

Observateur, M. Arago.

11 Mars 1819 (de midi à 3 h., ciel couvert).

(Boussole par Gambey et destinée à l'université de Cambridge en Amérique.)

Première aiguille.

Avant le renversement.	68° 20′.8
Après le renversement.	68° 13′.5
Moyenne.	68° 17′.2

Observateur, M. Arago.

11 Mars 1819.

Deuxième aiguille.

Avant le renversement.	68° 10′.6
Après le renversement.	68° 39′.4
Moyenne.	68° 25′.0

Observateur, M. Arago.

28 Avril 1822.

(Boussole de Lenoir, emportée par M. Duperrey dans son voyage autour du monde.)

Aiguille n° 2.

Avant le renversement des pôles. . .	68° 40′
Après le renversement.	68° 5′
Moyenne.	68° 22′.5

Par deux azimuts perpendiculaires on a trouvé avec la même aiguille 68° 16′.

Observateurs, MM. Arago et Duperrey.

15 Juin 1822 (de 8 h. à 8 h. 1/2 du soir).

(Boussole de M. Gambey, destinée à l'université de Abo, en Finlande.)

Aiguille n° 1.

Avant le renversement.	67° 50′.60
Après le renversement.	68° 27′.65
Moyenne.	68° 9′. 1

18 Juin 1822.

(Même boussole que le 15 juin 1822.)

Aiguille n° 2.

Avant le renversement.	68° 15′.6
Après le renversement.	68° 8′.9
Moyenne..	68° 12′.25

Par deux azimuts rectangulaires on a trouvé avec la même aiguille 68° 12′.10.

Observateur, M. Arago.

11 Novembre 1823 (vers 2 h.).

(Boussole de l'Observatoire, aiguille de Gambey.)

Avant le renversement.	68° 20′.05
Après le renversement.	67° 57′.10
Moyenne.	68° 8′. 6

Observateur, M. Arago.

19 Août 1825 (vers 2 h.; temps couvert).

(Boussole de l'Observatoire, aiguille marquée A, de Gambey.)

Avant le renversement.	68° 11′.5
Après le renversement.	67° 50′.5
Moyenne.	68° 1′.0

Les observations faites dans deux azimuts rectangulaires donnent 67° 59'.30.

Observateur, M. Arago.

19 Juin 1829 (entre 3 h. et 4 h., ciel nuageux, temp. 24°).

(Boussole de M. Gambey, destinée à Freyberg.)

Aiguille n° 1.

Avant le renversement	67° 45'.9
Après le renversement	67° 44'.9
Moyenne.	67° 45'.4

Observateurs, MM. Arago et Reich.

19 Juin 1829 (entre 4 h. 1/4 et 5 h.; temp. 29°).

Aiguille n° 2.

Avant le renversement	67° 36'.0
Après le renversement	68° 40'.8
Moyenne.	67° 38'.4

Observateurs, MM. Arago et Reich.

21 Juin 1829 (entre midi et 2 h. 1/2; température 26°.8).

(Même boussole et aiguille n° 2.)

Avant le renversement	67° 43'.2
Après le renversement	67° 28'.9
Moyenne.	67° 36'.0

Observations faites dans deux azimuts rectangulaires, 67° 6'.8.

Observateur, M. Arago.

22 Juin 1829 (entre 4 et 5 h.; pluie et tonnerre, temp. 28°.0).

Première aiguille pour Freyberg.

Avant le renversement	67° 44'.5
Après le renversement	66° 40'.6
Moyenne.	67° 42'.5

Observateur, M. Arago.

24 Juin 1829 (entre 11 h. 3/4 et 1 h. 3/4; ciel nuageux; température, 27°.0).

Première aiguille pour Freyberg.

Avant le renversement.	67° 48′.0
Après le renversement.	67° 43′.2
Moyenne.	67° 45′.6

Par des observations faites dans deux plans rectangulaires, on a trouvé, 67° 44′.7.

Observateur, M. Arago.

Il est remarquable que les deux aiguilles donnent une différence de 7′, et cette différence est à peu près la même lorsqu'on déduit l'inclinaison de deux azimuts rectangulaires. Quelle peut être la cause d'une telle anomalie ?

Samedi 14 Mai 1831 (de 2 h. 1/2 à 3 h. 1/2 ; beau temps; température, 20°.0).

(Boussole de Gambey, construite pour M. Encke.)

Première aiguille.

Avant le renversement.	67° 42′.0
Après le renversement.	67° 42′.7
Moyenne.	67° 42′.3

Samedi 14 Mai 1831 (de 4 h. à 5 h.; beau ciel; temp. 19°.8).

Deuxième aiguille.

Avant le renversement.	67° 46′.4
Après le renversement.	67° 41′.2
Moyenne.	67° 43′.8

Observateur, M. Arago.

Samedi 12 Novembre 1831 (entre 10 h. et 11 h.; ciel couvert; température, 12°.8).

Aiguille n° 2, destinée à M. Rudberg.

Avant le renversement.	67° 40′.9
Après le renversement.	67° 36′.3
Moyenne.	67° 38′.6

Observateurs, MM. Arago et Rudberg.

Samedi 12 Novembre 1831 (de 2 h. à 3 h. 1/2 ; ciel couvert; température, 14°.5).

Aiguille n° 1 de Gambey, destinée à M. Rudberg, à Stockholm.

Avant le renversement......	67° 43′.5
Après le renversement......	67° 40′.7
Moyenne.....	67° 42′.1

Observateurs, MM. Arago et Rudberg.

Les observations précédentes ne seraient mathématiquement comparables entre elles que si elles avaient été faites à la même époque de l'année et à la même heure de la journée. L'aiguille d'inclinaison est, en effet, *sujette* à des variations annuelles, et même à des variations diurnes comme l'aiguille de déclinaison, ainsi que je l'ai constaté dès 1827, par des observations directes faites à l'aide de deux microscopes dirigés sur les pointes opposées de l'aiguille d'inclinaison. Ces observations seront discutées dans un chapitre spécial, et l'on verra que le phénomène général de la diminution de l'inclinaison n'est pas masqué par les variations diurnes et mensuelles que nous mettrons en évidence. Je transcrirai donc ici les observations qui ont été consignées dans l'*Annuaire du bureau des longitudes*, depuis que j'ai cessé de suivre moi-même ce genre de recherches :

Dates des observations.	Inclinaisons.
3 juillet 1835, à 9h m........	67° 24′
6 janvier 1849, à 2h s........	66 45
1er décembre 1849, à 3h s......	66 44
28 novembre 1850, à 2h s......	66 37
20 novembre 1851, à 2h 30m s....	66 35

Les observations faites à Londres montrent aussi le même phénomène de la diminution de l'inclinaison. Dans les *Transactions philosophiques* de 1806, page 395, on trouve la table suivante donnée par M. Gilpin :

Années.	Inclinaisons.
1786.	72° 5′
1787.	72 5
1788.	72 4
1789.	71 55
1790.	71 54
1791.	71 24
1795.	71 11
1797.	70 59
1798.	70 55
1799.	70 52
1801.	70 36
1803.	70 32
1805.	70 21

Nulle observation ne permet de dire aujourd'hui quel sera dans l'avenir le mouvement de l'aiguille d'inclinaison.

CHAPITRE XIII.

VARIATION DE L'INCLINAISON MAGNÉTIQUE AVEC LES LIEUX.

L'inclinaison varie très-rapidement, quand on change de latitude. Ainsi nous venons de voir qu'à Paris l'aiguille fait avec l'horizon un angle d'environ 66° et demi; par 15° de latitude, cet angle n'est plus que de 50°, et enfin, dans le voisinage de l'équateur, l'aiguille est horizontale.

Par 79° 44′ de latitude boréale, le capitaine Phipps trouva, en 1774, une inclinaison de 82° 9′. Plus récemment, en 1830, le capitaine Ross est parvenu à découvrir un point où sa boussole était exactement verticale. Le pôle boréal était alors par 70° 5′ 17″ de latitude et par 79° 7′ 9″ de longitude à l'ouest du méridien de Paris. On n'est pas encore parvenu à aborder le pôle magnétique austral.

Dans un voyage que j'ai exécuté en Italie en 1825, j'ai fait quelques observations d'inclinaison que je placerai ici :

Lieux.	Dates.		Inclinaisons.
Genève,	2	septembre.....	65° 58'.2
Venise,	19	*id.*	63 55.4
Florence,	26	*id.*	62 58.6
Id.	30	*id.*	63 9.5
Turin,	10	octobre	64 53.0
Lyon,	20	*id.*	65 39.2

CHAPITRE XIV.

MOUVEMENT DE TRANSLATION DE L'ÉQUATEUR MAGNÉTIQUE.

La ligne sans inclinaison ou l'équateur magnétique coupe l'équateur terrestre sous un angle aigu, en sorte qu'une de ses parties se trouve dans notre hémisphère, et l'autre dans l'hémisphère opposé.

On appelle nœuds les points d'intersection de l'équateur magnétique et de l'équateur terrestre. A l'occasion de la position de ces nœuds, M. Kupffer s'est exprimé de la manière suivante dans un beau Mémoire sur le magnétisme terrestre inséré dans les *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. xxv, p. 231 (1827) :

« Il est *prouvé* par les observations les plus récentes, et principalement par la discussion que M. Arago a publiée, en décembre 1825, de toutes les inclinaisons recueillies durant le voyage de *la Coquille* autour du monde, que l'équateur magnétique a un mouvement de translation de l'est à l'ouest. »

C'est en cherchant à concilier les observations d'inclinaison faites à des époques éloignées dans diverses régions

de la terre peu distantes de l'équateur magnétique, que j'ai reconnu que cet équateur s'avance progressivement et en totalité de l'orient à l'occident. On trouvera la discussion à laquelle je me suis livré dans mon Rapport sur le voyage exécuté par *la Coquille*, de 1822 à 1825, sous le commandement de M. Duperrey.

Aujourd'hui, on suppose que ce mouvement de l'équateur magnétique est accompagné d'un changement de forme. L'étude des lignes d'égale inclinaison, envisagée sous le même point de vue, n'offrira pas moins d'intérêt. Il sera curieux, quand toutes ces lignes auront été tracées sur les cartes, de les suivre de l'œil dans leurs déplacements et dans leurs changements de courbure : d'importantes vérités pourront jaillir de cet examen. On comprend maintenant pourquoi nous demandons autant de mesures d'inclinaison que les voyageurs pourront en recueillir.

On a souvent agité la question de savoir si, en général, dans un lieu déterminé, l'aiguille d'inclinaison marquerait exactement le même degré à la surface du sol, à une grande hauteur dans les airs et à une grande profondeur dans une mine. Le manque d'uniformité dans la composition chimique du terrain, rend la solution de ce problème très-difficile. Si l'on observe en ballon, les mesures ne sont pas suffisamment exactes. Quand le physicien prend sa station sur une montagne, il est exposé à des attractions locales; des masses ferrugineuses peuvent alors altérer notablement la position de l'aiguille, sans que rien en avertisse. La même incertitude affecte les observations faites dans les galeries de mines. Ce n'est pas qu'il soit

absolument impossible de déterminer en chaque lieu la part des circonstances accidentelles; mais il faut pour cela avoir des instruments d'une grande perfection; il faut pouvoir s'éloigner de la station qu'on a choisie, dans toutes les directions, et jusqu'à d'assez grandes distances; il faut enfin répéter les expériences beaucoup plus qu'un voyageur n'a ordinairement les moyens de le faire. Quoi qu'il en puisse être, les observations de cette espèce sont dignes d'intérêt; leur ensemble conduira peut-être un jour à quelque résultat général.

CHAPITRE XV.

DE L'INTENSITÉ MAGNÉTIQUE.

Dans tous les phénomènes que nous venons de rapporter, le globe terrestre fait, relativement aux aiguilles, l'office d'un véritable aimant. Mais la propriété magnétique conserve-t-elle la même intensité dans toutes les régions du globe? est-il probable que, sous une latitude déterminée, elle éprouve une diminution sensible à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, comme quelques personnes avaient cru le reconnaître? Telles sont les questions importantes qui se présentent immédiatement, mais leur solution n'a été trouvée que depuis peu d'années.

Nous avons dit plus haut que lorsqu'une aiguille aimantée est suspendue librement, elle se place toujours dans un plan qu'on appelle le méridien magnétique; si, après l'avoir écartée de sa position naturelle, on l'abandonne à elle-même, elle tendra à y revenir, en faisant de part et d'autre des oscillations plus ou moins étendues. L'effet de

la force magnétique qui les produit est analogue à l'action que la pesanteur exerce sur un pendule en mouvement; les oscillations seront d'autant plus promptes, que la force magnétique aura une intensité plus considérable, et l'on pourra prendre pour sa mesure le carré du nombre d'oscillations que l'aiguille fera dans un temps donné. Par conséquent le rapport des intensités des forces magnétiques dans deux lieux quelconques, sera égal à celui des carrés du nombre d'oscillations qu'une même aiguille y fera dans le même espace de temps.

Graham paraît être le premier qui se soit occupé de l'intensité du magnétisme terrestre; Musschenbroeck fit quelques efforts pour résoudre la question, et Lemonnier en montra l'importance. Mais les observations régulières d'intensité ne datent que des voyages de d'Entrecasteaux et de Humboldt, et cependant elles ont déjà jeté de vives lumières sur la question si compliquée, mais en même temps si intéressante, du magnétisme terrestre. Ce genre d'observations mérite au plus haut degré de fixer l'attention de tous les voyageurs amis des sciences, car aujourd'hui, à chaque pas, le théoricien est arrêté par le manque de mesures exactes.

CHAPITRE XVI.

SUR UN MOYEN DE MESURER LES VARIATIONS DU MAGNÉTISME TERRESTRE EN CHAQUE POINT DU GLOBE.

Comme nous venons de le dire, pour connaître la force magnétique du globe en un lieu donné, on fait osciller une aiguille horizontale. et l'on compte le nombre des oscil-

lations accomplies dans un temps déterminé. Mais, si l'on observe à deux époques différentes, il est nécessaire que dans l'intervalle la dose du magnétisme de l'aiguille n'ait pas changé. Dans la séance du 16 novembre 1825, j'ai indiqué au Bureau des longitudes un moyen de s'assurer de cette invariabilité par la comparaison du magnétisme de l'aiguille à la pesanteur.

Le procédé que j'ai imaginé se fonde sur la propriété dont une aiguille aimantée jouit, quand elle est placée dans le voisinage d'un plateau métallique tournant sur lui-même, d'être entraînée avec d'autant plus de force que son magnétisme est plus intense. En faisant l'expérience dans un plan perpendiculaire à la direction de l'aiguille d'inclinaison, on se rendra indépendant de l'action du magnétisme terrestre; alors les petits contre-poids dont chacune des extrémités de l'aiguille devra être chargée pour que le plateau, tournant avec une certaine vitesse, la dévie de 10°, de 20°, de 30°, etc., donneront la mesure de l'intensité magnétique des pôles. Si l'on croyait devoir admettre que la science a des moyens de reproduire à volonté du fer doué exactement des mêmes propriétés, on pourrait substituer la déviation angulaire produite par une certaine masse de métal, à celle qu'occasionne le mouvement de rotation du plateau. Quoi qu'il en soit, une aiguille éprouvée préalablement par ce dernier procédé deviendra, comme on voit, un excellent moyen d'apprécier les changements périodiques ou séculaires auxquels le magnétisme de notre globe pourrait être sujet.

CHAPITRE XVII.

DES VARIATIONS D'INTENSITÉ MAGNÉTIQUE AVEC LA HAUTEUR.

Les voyages aérostatiques de Biot et Gay-Lussac, exécutés jadis sous les auspices de l'Académie, étaient en grande partie destinés à l'examen de cette question capitale : la force magnétique qui, à la surface de la terre, dirige l'aiguille aimantée vers le nord, a-t-elle exactement la même intensité à quelque hauteur que l'on s'élève?

Les observations de nos deux confrères, celles de Humboldt faites dans les pays de montagnes; les observations encore plus anciennes de Saussure, semblèrent toutes montrer qu'aux plus grandes hauteurs qu'il soit donné à l'homme d'atteindre, le décroissement de la force magnétique est encore inappréciable.

Cette conclusion a été contredite récemment. On a remarqué que dans le voyage de Gay-Lussac, par exemple, le thermomètre qui, à terre, au moment du départ, marquait + 31° centigrades, s'était abaissé jusqu'à — 9° dans la région aérienne où notre confrère fit osciller une seconde fois son aiguille; or il est aujourd'hui parfaitement établi, qu'en un même lieu, sous l'action d'une même force, une même aiguille oscille d'autant plus vite que la température est moindre. Ainsi il résulte des recherches de M. Kupffer sur cette question, qu'une même aiguille d'acier fondu, de forme cylindrique, de 0^{m}.057 de longueur et de 2^{gr}.395 de poids, emploie pour accomplir 300 oscillations une durée de

13^{m} 11^{s}.5 à.	— 1°.6
13 17.5 à.	+12.5
13 25.0 à.	+32.5

Ainsi, pour rendre comparables les observations faites dans le ballon et celles faites à terre, il aurait fallu, à raison de l'état du thermomètre, apporter une certaine diminution à la force que les observations supérieures indiquaient. Dans cette ascension, l'aiguille semblait également attirée en haut et en bas; donc, malgré les apparences, il y avait affaiblissement réel.

Cette diminution de la force magnétique avec la hauteur, semble aussi résulter des observations faites en 1829, au sommet du mont Elbrouz (dans le Caucase), par M. Kupffer. Ici l'on a tenu un compte exact des effets de la température, et cependant diverses irrégularités dans la marche de l'inclinaison, jettent quelque doute sur le résultat.

Nous croyons donc que la comparaison de l'intensité magnétique, au bas et au sommet des montagnes, doit être spécialement recommandée aux observateurs dans les diverses latitudes.

CHAPITRE XVIII.

DES RELATIONS DE L'INCLINAISON ET DE L'INTENSITÉ MAGNÉTIQUES.

L'intensité magnétique d'une même aiguille change avec le temps dans un lieu déterminé. Ce changement est-il une simple conséquence de la variation de direction de la force magnétique du globe? Comme on prend pour comparer les intensités les durées des oscillations

d'une aiguille horizontale, on voit évidemment que plus l'inclinaison de la direction de la force du globe sera grande, plus petite aussi sera la composante horizontale. Il résulte de cette remarque qu'il doit y avoir en un lieu donné une certaine dépendance entre les variations d'intensité et celles de l'inclinaison, mais il reste à voir si l'intensité absolue ne change pas indépendamment de toute modification dans la direction des forces magnétiques.

M. Gilpin dit (*Trans. phil.* de 1806) que l'aiguille d'inclinaison n'éprouve pas à Londres de variations diurnes appréciables.

M. Hansteen, de Christiania, au contraire, prétend s'être assuré dans l'été de 1820, à l'aide d'une excellente boussole de Dollond, que l'inclinaison est plus grande de quatre à cinq minutes le matin que dans l'après-midi. Il prétend aussi que l'inclinaison est sujette à une variation annuelle, et qu'elle est d'environ quinze minutes plus grande en été qu'en hiver.

M. Hansteen, en faisant osciller une aiguille horizontale, avait trouvé ces résultats :

1° L'intensité magnétique est sujette à une variation diurne ;

2° Le minimum de cette intensité a lieu entre dix heures et onze heures du matin, et le maximum entre quatre et cinq heures de l'après-midi ;

3° Les intensités moyennes mensuelles sont elles-mêmes variables ;

4° L'intensité moyenne vers le solstice d'hiver surpasse beaucoup l'intensité moyenne donnée par des jours semblablement placés relativement au solstice d'été.

En tenant compte de la correction dépendante de la variation d'inclinaison, l'auteur arrive à cette conséquence que la variation d'intensité n'est qu'apparente.

Remarquons que M. Hansteen n'a pas tenu compte de l'influence de la température sur la durée des oscillations de l'aiguille horizontale (*Annales de physique et de chimie*, 2e série, t. XVII, p. 126 (1822).

Dans les *Transactions philosophiques* pour 1823, il y a un Mémoire de M. Barlow sur les variations diurnes. M. Barlow est parvenu, comme nous avons vu (p. 492), à amplifier l'amplitude de la variation diurne au moyen d'aimants fixes. M. Barlow a essayé d'appliquer le même procédé aux variations diurnes de l'inclinaison; mais il n'a obtenu ainsi aucune détermination numérique de ces variations.

En février 1825, pendant le troisième voyage de Parry dans l'Amérique du Nord, le lieutenant Foster a essayé au port Bowen de mesurer directement les variations de l'inclinaison; il n'a pu y parvenir, parce qu'elles étaient trop petites.

Foster a mesuré la durée des oscillations de l'aiguille d'inclinaison, et comme d'autre part il observait les variations de l'intensité horizontale, au moyen des oscillations, il en a conclu que les altérations de la composante horizontale provenaient en grande partie de changements dans l'inclinaison.

M. Kupffer cherchait à expliquer en 1827 les variations d'intensité magnétiques mesurées avec une aiguille horizontale, par une variation d'inclinaison, mais sans citer aucune preuve expérimentale à l'appui.

Je citerai maintenant des extraits de procès-verbaux des séances du Bureau des Longitudes, qui établiront nettement la marche des observations que j'ai poursuivies durant plusieurs années pour jeter quelque lumière sur la question.

A la date du 23 mai 1827, on lit :

« M. Arago annonce que les observations d'inclinaison qu'il a faites depuis quelques mois indiquent une variation diurne. L'inclinaison comptée à partir de l'horizontale est plus grande le matin que le soir de 1′ 1/2 à 2′. L'intensité mesurée par une aiguille horizontale est plus grande le soir que le matin. Il serait donc possible que cette variation d'intensité dépendît seulement de cette variation d'inclinaison. »

A la date du 19 septembre 1827, on trouve :

« M. Arago rend compte des observations simultanées d'intensité et d'inclinaison qu'il a faites depuis le commencement de l'année. L'inclinaison diminue aux heures où l'intensité mesurée par une aiguille horizontale devient plus grande, mais le changement n'est pas suffisant pour expliquer toute la variation d'intensité. »

A la date du 19 novembre 1828, j'ai été plus explicite ; on lit dans le procès-verbal de la séance du Bureau des Longitudes :

« M. Arago donne de nouveaux détails sur les observations d'intensité et d'inclinaison qu'il a faites depuis quelques années. La variation journalière d'inclinaison n'est pas suffisante pour expliquer les changements d'intensité qu'on déduit de l'observation de l'aiguille horizontale. Ainsi le magnétisme absolu du globe est

variable dans le même lieu aux différentes heures du jour. »

CHAPITRE XIX.

VARIATIONS DE L'INTENSITÉ MAGNÉTIQUE A PARIS.

Les déductions authentiques qui précèdent me permettent de réunir ici sans discussion les résultats que j'ai obtenus pour la mesure de l'intensité magnétique.

Les observations ont été faites le matin entre huit et neuf heures, et le soir entre six et sept heures.

Durée moyenne de 300 oscillations, le matin.

	1825.	1826.	1827.	1828.	1829.
Janvier. . .	"	"	11m49s.87	11m49s.15	11m48s.04
Février. . .	11m50s.98	"	11 49 .38	11 49 .23	"
Mars. . . .	11 51 .17	"	11 49 .72	11 49 .35	11 48 .37
Avril. . . .	11 51 .62	"	11 50 .33	11 49 .52	11 48 .84
Mai.	"	"	11 50 .08	11 49 .53	"
Juin	11 51 .77	"	11 49 .87	11 49 .53	"
Juillet . . .	"	"	11 50 .07	11 51 .35	11 48 .73
Août. . . .	11 51.63	11m51s.72	11 51 .01	11 51 .57	"
Septembre.	"	"	11 50 .35	"	"
Octobre . .	"	11 50 .80	11 49 .94	"	"
Novembre .	"	"	11 49 .48	"	"
Décembre .	"	"	11 49 .07	11 48 .87	"
Moyennes..	11 51 .43	11 51 .26	11 49 .93	11 49 .79	11 48 .49

Durée moyenne de 300 oscillations, le soir.

	1825.	1826.	1827.	1828.	1829.
Janvier. . .	"	"	11m49s.86	11m48s.78	11m48s.08
Février. . .	11m50s.75	"	11 49 .42	11 48 .96	"
Mars. . . .	11 51 .10	"	11 49 .58	11 48 .77	11 47 .91
Avril. . . .	11 50 .97	"	11 49 .53	11 48 .77	11 47 .41
Mai.	"	"	11 49 .36	11 48 .69	"
Juin	11 50 .99	"	11 49 .29	11 48 .72	"

	1825.	1826.	1827.	1828.	1829.
Juillet . . .	"	"	11m49s.45	11m50s.64	11m47s.95
Août. . . .	"	"	11 49 .47	11 50 .66	"
Septembre.	"	"	11 49 .57	"	"
Octobre . . .	"	"	11 49 .57	"	"
Novembre .	"	"	11 49 .12	"	"
Décembre .	"	"	11 48 .70	11 48 .54	"
Moyennes. .	11m50s.95	"	11 49 .41	11 49 .17	11 47 .84

Ainsi, on voit que la composante horizontale de l'intensité magnétique moyenne à Paris, est plus petite le matin que le soir. On voit aussi que cette composante horizontale augmente d'une année à la suivante.

Aux mêmes heures où je mesurais la durée de 300 oscillations à plusieurs reprises, j'ai pris aussi, pendant les années 1827, 1828 et 1829, l'inclinaison de l'aiguille et la température de la chambre où je faisais les expériences. Il est important de les rapprocher des nombres précédents.

Inclinaisons moyennes trouvées le matin pendant les mesures d'intensité.

	1827.	1828.	1829.
Janvier.	"	68° 24′.77	68° 19′.66
Février.	68° 29′.73	68 24 .65	"
Mars	68 29 .93	68 23 .20	68 19 .28
Avril.	68 35 .14	68 24 .39	68 19 .60
Mai.	68 37 .29	68 24 .44	"
Juin.	68 35 .43	68 27 .50	"
Juillet.	68 38 .78	69 13 .18	68 39 .80
Août	68 55 .61	69 7 .20	"
Septembre . . .	68 43 .51	"	"
Octobre	68 33 .57	"	"
Novembre . . .	68 31 .00	"	"
Décembre . . .	68 30 .22	68 20 .47	"
Moyennes. . . .	68 36 .38	68 34 .42	68 24 .58

Inclinaisons moyennes trouvées le soir pendant les mesures d'intensité.

	1827.	1828.	1829.
Janvier.	"	68° 23'.91	68° 20'.34
Février.	68° 24'.00	68 24.48	"
Mars	68 30.50	68 22.40	68 18.49
Avril	68 33.00	68 22.90	68 17.50
Mai.	68 35.80	68 23.22	"
Juin.	68 33.75	68 26.38	"
Juillet	68 35.27	69 6.10	68 30.34
Août	68 52.44	69 6.13	"
Septembre . . .	68 42.68	"	"
Octobre.	68 32.95	"	"
Novembre . . .	68 31.41	"	"
Décembre . . .	68 29.93	68 18.80	"
Moyennes. . . .	68 34.70	68 32.70	68 21.67

Je ne donne pas ces résultats pour discuter les variations de l'inclinaison, mais seulement pour rapprocher les déterminations précédentes des variations de l'intensité; je rapporterai tout à l'heure dans un chapitre spécial les observations de variations diurnes d'inclinaison que j'ai effectuées avec beaucoup de soin. Les nombres précédents sont des déterminations d'inclinaisons directes faites seulement aux jours et heures où je déterminais les intensités, savoir : 105 jours d'observations en 1827, 52 en 1828, et 30 en 1829. Pour ces jours et ces heures, j'ai constaté les températures suivantes dans le cabinet où s'effectuaient mes observations.

Températures le matin.

	1827.	1828.	1829.
Janvier.	3°.9	8°.6	3°.5
Février.	1.1	7.7	"
Mars.	9.0	9.3	6.8

Avril.	13°.4	13°.0	11°.8
Mai.	17 .1	17 .6	"
Juin	21 .6	22 .5	"
Juillet	24 .9	23 .6	22 .6
Août.	23 .4	23 .1	"
Septembre. . .	21 .2	"	"
Octobre	17 .7	"	"
Novembre . . .	12 .1	"	"
Décembre . . .	8 .9	7 .9	"

Températures le soir.

	1827.	1828.	1829.
Janvier.	3°.7	8°.6	4°.0
Février.	1 .4	8 .1	"
Mars.	9 .5	10 .7	7 .8
Avril.	14 .3	13 .9	11 .7
Mai.	18 .3	18 .3	"
Juin	22 .2	23 .0	"
Juillet	25 .9	23 .9	23 .2
Août.	23 .7	23 .5	"
Septembre. . .	21 .8	"	"
Octobre	18 .3	"	"
Novembre . . .	14 .5	"	"
Décembre . . .	9 .5	8 .3	"

On voit d'abord que la température des instruments ayant toujours été légèrement plus forte le soir que le matin, on ne peut pas attribuer à cette cause *l'augmentation* de l'intensité le soir, puisque d'après les recherches de M. Kupffer, rapportées plus haut (p. 520), l'intensité d'une aiguille *diminue* quand la température augmente.

Reste maintenant l'influence de l'inclinaison. Nous venons de trouver que l'inclinaison est plus faible le soir que le matin de 2′ environ, ce qui correspond bien à une augmentation de la composante horizontale de l'intensité, mais à une augmentation infiniment plus faible que celle

qui est accusée par les observations. On voit d'ailleurs que l'intensité a subi une augmentation de 1827 à 1828, et ensuite de 1828 à 1829, tandis que l'inclinaison a été plus forte en 1828 qu'en 1827 et qu'en 1829. J'ai donc pu annoncer avec certitude dans la séance du 18 février 1829 du Bureau des Longitudes, que l'intensité absolue du magnétisme subissait en un lieu donné des variations diurnes et des variations annuelles.

CHAPITRE XX.

SUR L'INTENSITÉ DU MAGNÉTISME TERRESTRE PENDANT LES ÉCLIPSES DE SOLEIL.

M. Lion, professeur de physique à Beaune, communiqua à l'Académie, dans la séance du 4 août 1851, une Note relative à l'éclipse de soleil du 28 juillet. Dans cette Note, M. Lion annonçait qu'une aiguille magnétique horizontale avait indiqué un changement considérable d'intensité pendant la durée de l'éclipse qui, en France, comme chacun sait, n'était que partielle. Il ne fut pas alors nommé de commissaires. Le même M. Lion, pour lever les doutes que sa première communication avait fait naître, adressa, le 11 août 1851, une Note explicative concernant ses premiers résultats.

Enfin, M. le professeur de Beaune écrivit à l'Académie une lettre qui a été insérée en entier au compte-rendu de la séance du 9 février 1852, et dans laquelle il prétend que, d'après des observations faites par lui, il y a une variation d'intensité indiquée par l'aiguille horizontale, au moment d'une éclipse, même dans les lieux où le

phénomène n'est pas visible. L'auteur demandait que l'Académie voulût bien faire vérifier sa découverte par une commission, notamment pendant l'éclipse invisible du 17 juin 1852. L'Académie accueillit la demande de M. Lion, et chargea une commission, composée de quatre membres, de la vérification désirée.

J'étais un des commissaires, et j'avais accepté les fonctions de rapporteur. J'ai fait faire en ma présence, par mes collaborateurs, MM. Laugier, Mauvais, Goujon et Charles Mathieu, les observations dont je vais donner les résultats :

Le 16 juin 1852. Temps moyen de Paris :

Temps de l'observation.	Durée de 300 oscillations de l'aiguille horizontale.	Température.
8h 33m	11m 33s.9	18°.0
8 48	11 34 .2	18 .0
10 24	11 36 .0	18 .0
11 28	11 35 .1	18 .0
0 43	11 34 .2	18 .0
1 33	11 34 .8	18 .1
2 34	11 33 .6	18 .0
3 37	11 33 .6	18 .0
4 32	11 34 .2	18 .8
5 38	11 34 .2	18 .8
6 49	11 33 .0	18 .8
6 57	11 33 .0	18 .8
7 59	11 34 .5	18 .5
8 9	11 33 .9	18 .5

17 juin 1852. T. M. Paris :

9h 00m	11m 34s.8	18°.1
36	11 33 .9	18 .5
10 15	11 34 .2	18 .6
10 54	11 33 .0	18 .7
11 36	11 34 .5	18 .7
0 40	11 34 .2	18 .7
1 38	11 34 .5	18 .7

Temps de l'observation.	Durée de 300 oscillations de l'aiguille horizontale.	Température.
2h 38m	11m 33s.9	18°.8
2 58	11 34 .8	18 .9
(Commencement de l'éclipse pour le centre de la terre à 3h 6m.)		
3h 30m	11m 35s.1	19°.1
3 55	11 32 .7	19 .1
4 16	11 33 .0	19 .0
5 6	11 33 .3	19 .2
5 22	11 33 .0	19 .1
5 30	11 33 .0	20 .0
5 59	11 35 .4	19 .6
6 32	11 33 .0	19 .4
(Fin de l'éclipse à 7h 12m.)		
7h 22m	11m 33s.0	19°.0
7 58	11 33 .3	19 .0
18 juin 1852. T. M. Paris :		
9h 29m	11m 35s.5	18°.2
10 48	11 34 .8	18 .5
0 13	11 33 .6	18 .8
1 32	11 33 .6	18 .9
3 11	11 33 .9	19 .2
3 21	11 33 .9	19 .2
6 43	11 33 .6	19 .0

On voit par l'ensemble de tous ces chiffres, que l'aiguille horizontale, à Paris, n'indiqua aucun changement brusque et sensible d'intensité, ni au commencement, ni à la fin de l'éclipse, ni pendant sa durée. Ajoutons que l'aiguille d'inclinaison, suivie avec le plus grand soin, ne manifesta aucune perturbation irrégulière accidentelle. Nous supprimons ces observations pour abréger. Après les expériences que nous venons de rapporter, il demeurait constaté que la conjecture de M. Lion était contraire aux faits, du moins quant à l'éclipse invisible du 17 juin. Il eût été peut-être convenable que le rapporteur communiquât ces résultats aux membres de la commis-

sion immédiatement; mais il lui répugnait d'affliger un jeune homme dont l'instruction paraissait fort étendue. Ce motif seul semblait légitimer un retard. Sur ces entrefaites, je reçus de l'auteur du Mémoire une lettre qui paraissait annoncer que les observations faites à Beaune ne s'étaient pas mieux accordées avec les nouvelles vues théoriques que celle de Paris. M. Lion, craignant sans doute que la publication de ces dernières ne lui fît quelque tort auprès des personnes de la petite ville qu'il habite, demanda que le résultat négatif auquel nos observations avaient conduit ne fût pas publié. Je crus, en ce qui me concernait, devoir souscrire à ce vœu, quoique je ne pensasse pas que dans des recherches aussi compliquées et que dans l'isolement de l'auteur une erreur commise de bonne foi pût devenir une cause légitime de défaveur.

Aujourd'hui que le fait annoncé par M. Lion est cité dans certaines publications comme étant conforme aux observations, il n'est plus permis de garder le silence, car la science a aussi ses exigences.

Il paraît résulter d'une lettre récente qui m'a été communiquée, que M. Lion persisterait jusqu'à un certain point dans ses anciennes idées, qu'il penserait seulement que, parmi les conjonctions écliptiques, il y en aurait qui seraient accompagnées d'un changement d'intensité et d'autres qui seraient sans effet.

Les observations ultérieures nous éclaireront à ce sujet.

CHAPITRE XXI.

VARIATIONS DE L'INCLINAISON ET DE L'INTENSITÉ MAGNÉTIQUES D'UN LIEU A L'AUTRE.

Les détails précédents dans lesquels je suis entré suffisent pour démontrer que l'on ne peut comparer les unes aux autres les intensités et les inclinaisons magnétiques de la terre en différents lieux, que si on les rapporte à la même époque. Voici une table que M. Hansteen a construite, et qui a paru, en 1826, dans le *Journal de Brewster*. Elle a été insérée inexactement dans les *Annales de Poggendorf*. L'intensité magnétique est supposée être égale à 1 sous l'équateur magnétique.

Lieux des observations.	Inclinaison de l'aiguille.	Intensité.
Hémisphère austral.		
Port du Nord..................	75° 50′	1. 5773
Port du Sud..................	70 48	1. 6133
Sourabaya à Java............	25 40	0. 9348
Amboine.....................	20 37	0. 9332
Lima........................	9 59	1. 0773
Équateur magnétique au Pérou.	10 0	1. 0000
Hémisphère boréal.		
Tomependa..................	3 11	1. 0191
Loxa........................	5 24	1. 0095
Cuença......................	8 43	1. 0286
Quito.......................	13 22	1. 0675
San-Antonio.................	14 25	1. 0871
San-Carlos..................	20 47	1. 0480
Popayan.....................	20 53	1. 1170
Santa-Fé de Bogota...........	24 16	1. 1473
Javita......................	24 19	1. 0675
Esméralda...................	25 58	1. 0577
Carichana...................	30 24	1. 1575

Lieux des observations.	Inclinaison de l'aiguille.	Intensité.
Saint-Thomas	35° 6′	1. 1070
Carthagena	35 15	1. 2938
Cumana	39 47	1. 1779
Mexico	42 10	1. 3155
Mer Atlantique, par 12° 34′ de latitude nord et 53° 44′ de longitude ouest de Paris	45 8	1. 2300
Portici	60 5	1. 2883
Naples	61 35	1. 2745
Rome	61 57	1. 2642
Vésuve, cratère	62 0	1. 1933
Santa-Cruz de Ténériffe	62 25	1. 2725
Valencia	63 38	1. 2405
Florence	63 51	1. 2782
Mer Atlantique, par 32° 16′ de latitude nord et 2° 52′ de longitude ouest	64 21	1. 2938
Barcelone	64 37	1. 3482
Marseille	65 10	1. 2938
Nîmes	65 23	1. 2938
Milan	65 40	1. 3121
Montpellier	65 53	1. 3482
Airola	65 55	1. 3090
Turin	66 3	1. 3364
Medina del Campo	66 9	1. 2938
Lans-le-Bourg (Mont Cenis)	66 9	1. 3227
Come	66 12	1. 3104
Saint-Michel	66 12	1. 3488
Lyon	66 14	1. 3334
Saint-Gothard	66 22	1. 3138
Mont Cenis	66 22	1. 3441
Urseren	66 42	1. 3069
Altorf	66 53	1. 3228
Mer Atlantique, par 38° 52′ de latitude nord et 24° 10′ de longitude ouest de Paris	67 40	1. 3155
Madrid	67 41	1. 2938
Tubingen	68 4	1. 3569
Ferrol	68 32	1. 2617
Paris	69 12	1. 3482
Göttingen	69 29	1. 3485

Lieux des observations.	Inclinaison de l'aiguille.	Intensité
Berlin	69°53′	1. 3703
Berlin	68 50	1. 3533
Danzig	69 44	1. 3737
Londres	69 55	1. 3697
Ystad	70 13	1. 3742
Schleswig	70 36	1. 3814
Copenhague	70 36	1. 3672
Odensée	70 50	1. 3650
Helsingborg	70 50	1. 3782
Kolding	70 53	1. 3846
Soroë	70 57	1. 3842
Friedrichsburg	70 59	1. 4028
Aarhus	71 13	1. 3838
Aalborg	71 27	1. 3660
Friedrichshaven	71 48	1. 3842
Gothenburg	71 58	1. 3826
Altorp	72 14	1. 3891
Korsœr	72 24	1. 3735
Christiania	72 34	1. 4195
Bogstadt	72 34	1. 4378
Drummen	73 37	1. 3771
Gran	73 45	1. 3221
Kongsberg	73 47	1. 4144
Bergen	74 3	1. 4220
Haro (Island), par 70° 42′ de latitude nord et 57° 26′ de longitude ouest de Paris	82 49	1. 6406
Baie de Baffin, par 76° 8′ de latitude nord et 81° 11′ de longitude ouest de Paris	86 0	1. 6885

Voici en conséquence la loi de variation que l'on peut établir depuis l'équateur magnétique jusqu'au pôle magnétique boréal :

Inclinaisons.	Intensités.
0°	1.0
24	1.1
45	1.2
64	1.3
73	1.4

Inclinaisons.	Intensités.
76° 2/3	1.5
81	1.6
86	1.7

Il y aura lieu de rechercher les modifications que le temps pourra apporter dans cette loi. Afin de donner un point de départ aux physiciens qui, dans l'avenir, voudront se livrer à ce genre de recherches, je placerai ici un tableau de quelques-unes des inclinaisons magnétiques mesurées, vers 1805, par mon ami Alexandre de Humboldt (*Connaissance des temps pour* 1827) :

Lieux.		Années des observations.	Inclinaisons.
Paris		1798	69° 26′
Id.		1806	69 12
Lyon		1805	66 14
Nîmes		1799	65 23
Montpellier		*Id.*	65 53
Marseille		*Id.*	65 10
Saint-Gothard	Urseren	*Id.*	66 42
	Hospice	*Id.*	66 22
	Airolo	*Id.*	65 25
Altorf		1805	66 53
Lucerne		*Id.*	67 10
Zurich		*Id.*	67 22
Mont Cenis	Lans-le-Bourg	*Id.*	66 9
	Hospice	*Id.*	66 22
Turin		*Id.*	66 3
Milan		*Id.*	65 40
Come		*Id.*	66 12
Gênes		*Id.*	64 45
Pavie		*Id.*	65 25
Plaisance		*Id.*	65 0
Parme		*Id.*	65 7
Modène		*Id.*	64 55
Bologne		*Id.*	64 48
Florence		*Id.*	63 57
Rome		1806	61 57
Naples		1805	61 35

CHAPITRE XXII.

VARIATIONS DIURNES DE L'INCLINAISON MAGNÉTIQUE.

Les Traités de physique les plus récents disent encore que les variations diurnes de l'inclinaison sont incertaines. Je pense que quand leurs auteurs auront sous les yeux les chiffres extraits de mes registres d'observation, ils regarderont le phénomène comme parfaitement établi. J'ai communiqué la découverte du fait au Bureau des Longitudes dans la séance du 23 mai 1827. Postérieurement, il a été fait plusieurs tentatives du même genre dans divers observatoires. Je dois à l'un de nos physiciens les plus compétents en ces sortes de matières, M. Bravais, un résumé des travaux exécutés depuis mes recherches.

La boussole que M. Kupffer a fait construire par Gambey, dans le but d'observer les variations diurnes de l'inclinaison, a été mise en expérience, le 19 août 1830, à Saint-Pétersbourg.

Il résulte des observations faites avec cet instrument, dont l'aiguille a ses tourillons taillés en couteau, que l'inclinaison maximum aurait lieu à dix heures du matin, et le minimum à dix heures du soir. L'étendue des variations était de quatre à cinq minutes. Quelquefois, mais rarement, de sept à huit minutes.

Dans le nouveau plan d'observations magnétiques concerté à Goettingue en 1839, il n'y a pas d'instrument pour observer les variations diurnes de l'inclinaison. Le capitaine Sabine dit, à l'occasion des observations faites à

Toronto dans le Canada, qu'à l'aide des magnétomètres de Gauss et de Lloyd observés simultanément, on suit la marche horaire des intensités des forces magnétiques horizontales et verticales dont on déduit par le calcul les inclinaisons respectives et, par conséquent, les variations diurnes de l'inclinaison.

Les observations faites à Toronto, pendant les années 1840, 1841 et 1842, ont donné les variations diurnes suivantes :

Inclinaison *maximum* à 10^h m.
Inclinaison *minimum* à 4 s.
Étendue de l'amplitude de la variation 1'.21.

A Van-Diémen, pendant les années 1842 à 1848, on a eu pour résultat des variations diurnes de l'inclinaison déduites par le calcul des variations diurnes des forces horizontales et verticales

Un *maximum* à 11^h 30^m m.
Un *minimum* à 6 m.

La moyenne des sept années d'observations donne pour l'inclinaison de chaque mois :

Janvier...........	70° 35'.97	
Février...........	70 37 .44	*maximum.*
Mars.............	70 36 .81	
Avril.............	70 35 .53	
Mai..............	70 36 .67	
Juin..............	70 33 .97	
Juillet............	70 34 .61	
Août.............	70 32 .79	*minimum.*
Septembre........	70 35 .34	
Octobre..........	70 35 .69	
Novembre........	70 36 .60	
Décembre........	70 36 .56	

Il y a, comme on le voit, un maximum en février et un minimum en août, donnant lieu à une différence de 4'.95.

M. Kreil a observé à Milan les variations de l'inclinaison, au moyen d'une aiguille munie d'un petit miroir parallèle à la fois à son axe magnétique et à son axe de rotation, et qui réfléchissait les divisions d'une échelle parallèle à son axe magnétique.

La description de l'appareil est dans le premier supplément des *Éphémérides de Milan*, page 181.

Il a observé, pendant les années 1837 et 1838, aux heures suivantes :

8^h		du matin.
10	1/2	du matin.
1		du soir.
4	1/2	du soir.
7	1/2	du soir.
11		du soir.

Il a trouvé une variation diurne très-faible, savoir :

8^h		du matin,	63°	51'	11"
10	1/2	du matin,	63	51	25
1		du soir,	63	51	14
4	1/2	du soir,	63	51	18
7	1/2	du soir,	63	51	8
11		du soir,	63	51	4

Les observations magnétiques exécutées dans le Nord, par M. Bravais et ses collaborateurs, comprennent des mesures des variations de l'intensité magnétique verticale et de l'intensité horizontale. Les variations diurnes de l'intensité horizontale, durant les jours calmes, magnétiquement parlant, ont donné :

Un premier *maximum* à 6^h s.
Un premier *minimum* à 1^h m.
Un deuxième *maximum* à 7^h m.
Un deuxième *minimum* à 11^h m.

Dans les journées perturbées, le maximum et le mini-

mum du matin disparaissent; le premier maximum arrive alors plus tôt, vers quatre heures trente minutes, et le second minimum a lieu vers minuit, selon M. Bravais. Ce physicien a fait voir que, dans nos climats, le second maximum devait avoir lieu à six heures du matin et le second minimum à midi, et il a cité à l'appui les observations faites par M. Lamont à Munich (1842, 1843).

La variation diurne de l'intensité verticale n'a pu être déterminée pour les journées calmes; l'époque la plus calme est de sept heures du matin à trois heures du soir. Dans les journées troublées, les perturbations sont tantôt positives, tantôt négatives, de quatre heures du soir à minuit; de minuit à huit heures du matin, elles sont presque toujours négatives; les perturbations négatives l'emportent aussi le reste de la journée. Le maximum a lieu vers deux heures du soir, et le minimum vers deux heures du matin.

De ces deux éléments, variations de l'intensité horizontale et variations de l'intensité verticale, on peut déduire par le calcul les variations diurnes de l'inclinaison, et c'est ce qu'on fait en général aujourd'hui.

Mes observations au contraire ont été faites directement à l'aide de la boussole dont j'ai précédemment indiqué le principe (p. 512).

[Les observations des variations diurnes d'inclinaison de M. Arago sont comprises dans ses registres de variations diurnes de déclinaison.

En général, M. Arago a concentré ses observations à deux époques de la journée, entre huit et neuf heures du matin et entre six et sept heures du soir. Mais il a fait

parfois jusqu'à cent cinquante observations en un seul jour, et il résulte de l'ensemble de ses recherches, que l'inclinaison paraît avoir chaque jour :

1° Un maximum entre huit et neuf heures du matin ;

2° Un minimum de deux à trois heures du soir ;

3° Un second maximum entre huit et neuf heures du soir;

4° Un minimum entre onze heures du soir et minuit.

Ces heures avancent ou retardent suivant la saison et la température.

Les observations de variations de l'inclinaison de M. Arago sont très-nombreuses, elles s'élèvent à plus de vingt mille; mais elles n'ont pas été faites avec la même régularité que celles de la déclinaison. M. Fédor Thoman a pu calculer complétement les quatre séries qui correspondent aux années 1827, 1828, 1829 et 1830, de manière à assurer qu'elles représentent exactement le phénomène cherché.

ANNÉE 1827.

Mois.	Moyennes des maxima.	Moyennes des minima.	Moyennes mensuelles.	Amplitudes moyennes des variations diurnes.
Janvier . . .	68°30'.72	68°30'.23	68°30'.47	0'.49
Février . . .	68 30.32	68 28.66	68 29.49	1.66
Mars	68 30.40	68 30.00	68 30.20	0.40
Avril	68 35.17	68 32.60	68 33.89	2.57
Mai	68 36.89	68 35.11	68 36.00	1.78
Juin	68 36.21	68 35.05	68 35.63	1.16
Juillet	68 39.79	68 37.44	68 38.61	2.35
Août	68 55.25	68 52.74	68 53.99	2.51
Septembre .	68 47.05	68 42.63	68 44.84	4.42
Octobre . . .	68 34.68	68 33.36	68 34.02	1.32
Novembre . .	68 32.52	68 31.20	68 31.86	1.32
Décembre . .	68 30 50	68 29.90	68 30.20	0.60
Moyennes . .	68 36. 62	68 34.91	68 35.77	1.71

Le minimum moyen a eu lieu en février, et le maximum moyen en août. Les plus grandes amplitudes des variations diurnes se sont produites en avril et septembre, et la plus petite a eu lieu en mars.

ANNÉE 1828.

Mois.	Moyennes des maxima.	Moyennes des minima.	Moyennes mensuelles.	Amplitudes moyennes des variations diurnes.
Janvier. . .	68° 24′.19	68° 23′.65	68° 23′.92	0′.54
Février. . .	68 25.10	68 24.80	68 24.95	0.30
Mars	68 23.19	68 20.50	68 21.84	2.69
Avril	68 24.31	68 20.20	68 22.25	4.11
Mai.	68 24.67	68 23.39	68 24.03	1.28
Juin.	68 27.18	68 25.37	68 26.27	1.81
Juillet. . . .	69 9.20	69 5.86	69 7.53	3.34
Août	69 7.02	69 4.70	69 5.86	2.32
Septembre .	69 2.40	69 0.10	69 1.25	2.30
Octobre. . .	68 44.21	68 40.41	68 42.31	3.80
Novembre. .	68 25.90	68 24.40	68 25.15	1.50
Décembre. .	68 19.65	68 18.80	68 19.22	0.85
Moyennes. .	68 36.38	68 34.35	68 35.36	2.03

Le minimum moyen a eu lieu en mars, et le maximum en juillet. Les plus grandes amplitudes des variations diurnes se sont produites en avril et en octobre, la plus petite en février.

ANNÉE 1829.

Mois.	Moyennes des maxima.	Moyennes des minima.	Moyennes mensuelles.	Amplitudes moyennes des variations diurnes.
Janvier . . .	68° 20′.15	68° 18′.70	68° 19′.42	1′.45
Février. . .	〃	〃	〃	〃
Mars . . .	68 19.47	68 16.70	68 18.08	2.77
Avril	68 20.03	68 17.35	68 18.69	2.68
Mai.	〃	〃	〃	〃
Juin.	〃	〃	〃	〃
Juillet. . . .	68 34.18	68 30.23	68 32.20	3.95

Mois.	Moyennes des maxima.	Moyennes des minima.	Moyennes mensuelles.	Amplitudes moyennes des variations diurnes.
Août	68°24'.40	68°21.'02	68°22'.71	3'.38
Septembre .	"	"	"	"
Octobre. . .	68 29.77	68 27.04	68 28.40	2.73
Novembre. .	68 28.53	68 25.71	68 27.12	2.82
Décembre. .	68 27.08	68 25.35	68 26.22	1.73
Moyennes. .	68 25.45	68 22.76	68 24.10	2.69

Quoique les observations de quatre mois manquent, on voit qu'en 1829 on a eu un maximum en juillet et un minimum vers le mois de mars, conséquence analogue à celle déduite des observations des années précédentes.

C'est surtout pendant l'année 1830 que M. Arago a étudié avec une attention minutieuse les mouvements de l'aiguille d'inclinaison. Le résultat de son étude présente une série régulière de plus de trois mille observations qui fournissent un tableau très-exact de la marche des variations diurnes de l'inclinaison et des valeurs mensuelles absolues de cet important élément du magnétisme terrestre.

Mois.	Moyennes des maxima.	Moyennes des minima.	Moyennes mensuelles.	Amplitudes moyennes des variations diurnes.
Janvier . . .	68°26'.10	68°24'.21	68°25'.16	1'.89
Février . . .	68 25.87	68 24.74	68 25.30	1.13
Mars	68 29.51	68 27.69	68 28.60	1.82
Avril	68 35.84	68 33.04	68 34.44	2.80
Mai	68 38.18	68 34.42	68 36.60	3.76
Juin.	68 40.42	68 36.64	68 38.53	3.78
Juillet. . . .	68 39.03	68 36.29	68 37.66	2.74
Août	68 44.32	68 41.90	68 43.11	2.42
Septembre .	68 39.77	68 37.47	68 38.62	2.30
Octobre. . .	68 40.76	68 38.41	68 39.58	2.35
Novembre. .	68 37.89	68 35.55	68 36.72	2.34
Décembre. .	68 36.23	68 34.50	68 35.36	1.73
Moyennes. .	68 36.16	68 33.74	68 34.95	2.42

Le *minimum* de l'inclinaison a eu lieu en février, et le *maximum* en août.

On peut donc dire, en résumé, que le *minimum* de l'inclinaison coïncide avec l'époque de l'équinoxe du printemps, et que le *maximum* se présente avec le solstice d'été.

On voit aussi que les variations diurnes de l'inclinaison ne s'élèvent pas en général au delà de 3 à 4', et que, par conséquent, des variations de plusieurs dizaines de minutes obtenues par des observations isolées faites dans des saisons quelconques, peuvent être regardées comme indiquant avec une approximation suffisante la marche générale de l'inclinaison en un lieu donné. Ainsi, pour Paris, comme l'a conclu M. Arago dans les notes qu'il a laissées, on trouve :

		Décroissements moyens annuels.
1798	69° 51'	
		4'.93
1812	68 42	
		0 .43
1828	68 35	
		7 .16
1850	67 9	
		3 .09
1851	66 35	

De 1798 à 1851, en cinquante-trois ans, on a une diminution de 3° 16, ou par an, en moyenne, 3' 41".9.]

En des lieux très-éloignés les uns des autres, le magnétisme terrestre présente souvent dans sa marche une harmonie merveilleuse, mais parfois on rencontre des anomalies qui démontrent qu'il existe des forces pertubatrices dont la nature nous est inconnue. Nous pourrons suivre le jeu magnétique de ces forces avec les instruments d'une

précision extrême que nos artistes habiles sont parvenus à construire, mais à la condition qu'il y ait des observations très-fréquentes et très-exactes exécutées dans un grand nombre d'observatoires, à des époques convenues d'avance et à des instants très-rapprochés. Mon illustre ami, Alexandre de Humboldt, a cherché à associer à l'œuvre commune plusieurs amis des sciences, et M. Gauss l'a secondé dans ses efforts qui mériteraient d'être couronnés de succès. Il serait nécessaire que les instruments fussent comparés entre eux. J'ai fait une fois, avec les instruments confiés à *la Chevrette*, des expériences qui ont été répétées à Toulon par M. de Blosseville. Voici les résultats obtenus en mai 1827 :

Paris, du 2 au 4 mai.

Déclinaison.	Inclinaison.	Durée de 300 oscillations de l'aiguille horizontale.
22°25'.3	67°51'.3	18' 18".68

Toulon, du 24 au 29 mai.

Inclinaison.	Durée de 300 oscillations de l'aiguille horizontale.
63°11'.9	16' 40".7

Il y a lieu de rechercher, avant de donner aux chiffres obtenus dans toutes les expériences de ce genre une confiance absolue, si les aiguilles conservent exactement le même magnétisme. Des expériences analogues à celles que j'ai indiquées dans le chapitre XVI, page 517, sont nécessaires pour fournir à la science un fondement assuré

AURORES BORÉALES[1]

CHAPITRE PREMIER.

DÉFINITION DES AURORES BORÉALES.

Le but final de la météorologie est, pour le commun des hommes, la prédiction du temps qu'il fera. Envisagée de ce point de vue, la science ne compte encore que des essais avortés ou sans avenir. Sous d'autres rapports, ses progrès, au contraire, ont été certains, rapides, éclatants. Pour justifier cette assertion, il nous suffira de citer les questions relatives à l'électricité, au magnétisme, et voilà qu'aujourd'hui on peut dire que la simple observation d'une aiguille aimantée, librement suspendue, indique que dans les régions lointaines il se passe un magnifique phénomène aussi digne de l'attention du plus savant physicien que de l'admiration du plus humble spectateur.

Au commencement du XVII[e] siècle, Gassendi donna le nom d'*aurore boréale* à un phénomène qui, dans nos climats, fait ordinairement son apparition vers le nord, et dont la naissance se manifeste, près de l'horizon, par des lueurs analogues à celles du crépuscule.

L'aurore boréale n'est pas, comme l'arc-en-ciel,

1. Œuvre posthume.

comme les halos, les couronnes, les parhélies, etc., un simple phénomène de lumière, elle semble se lier aux forces magnétiques du globe terrestre. Ces forces étant variables, au moins de position, il y a lieu de se demander si l'aurore boréale a toujours existé, si tous les siècles l'ont vue avec les mêmes formes, le même éclat, les mêmes couleurs, dans les mêmes régions de l'espace, etc. Nous examinerons successivement le phénomène sous ses divers aspects.

CHAPITRE II.

LES AURORES BORÉALES ÉTAIENT CONNUES DES ANCIENS.

Pline veut évidemment désigner deux aurores boréales quand il parle en ces termes de deux phénomènes lumineux extraordinaires qui sont venus dissiper les ténèbres de la nuit. « On a vu pendant la nuit, écrit le célèbre naturaliste, sous le consulat de C. Cœcilius et Cn. Papirius (an de Rome 641), et d'autres fois encore, une lumière se répandre dans le ciel, de sorte qu'une espèce de jour remplaçait les ténèbres.

« Un bouclier ardent, jetant des étincelles, a traversé le ciel de l'occident à l'orient, au moment du coucher du soleil, sous le consulat de L. Valérius et de C. Marius (an de Rome 654). » (Pline, liv. II, chap. XXXIII et XXXIV.)

D'après un travail très-savant dû à M. Édouard Biot, la première mention positive d'aurore boréale, dans les textes chinois, remonte à l'an 208 avant notre ère. (Comptes-rendus de l'Académie, t. XIX, p. 829.)

CHAPITRE III.

DES AURORES BORÉALES OBSERVÉES DANS LE NORD.

Nulle part les aurores boréales ne se montrent aussi fréquemment et avec autant de magnificence que dans les régions où ont hiverné les laborieux et zélés observateurs de l'expédition d'Islande.

Nous sommes heureux de dire que plusieurs de nos jeunes voyageurs ont étudié ce mystérieux phénomène avec une constance exemplaire et en mettant à profit les moyens d'observation les plus subtils de l'astronomie, de la géodésie, de la physique.

En montrant historiquement que ces recherches ont donné la preuve de la persistance du phénomène, nous aurons témoigné de l'intérêt qu'elles nous ont inspiré; elles nous ont permis de regarder en arrière et de mesurer l'espace que la science a franchi.

Pendant 206 jours (de septembre 1828 à avril 1839) passés à Bossekop, sur la côte de West-Finmark, par 70° de latitude boréale, il a été observé 143 aurores boréales, parmi lesquelles il s'en est trouvé 64 pendant la nuit de 70 journées qui règne dans ces régions. Nous emprunterons quelques traits, en abrégeant son récit, à la description qu'a faite M. Lottin des magnifiques phénomènes qu'il lui a été donné d'observer.

Le soir, entre quatre et huit heures, la brume légère qui règne presque habituellement au nord, à la hauteur de 4 à 6°, se colore à sa partie supérieure, ou plutôt se frange des lueurs de l'aurore qui existe derrière. Cette

bordure devient plus régulière et forme un arc vague, d'une couleur jaune pâle, dont les bords sont diffus et dont les extrémités s'appuient sur les terres.

Bientôt des stries noirâtres séparent régulièrement la matière lumineuse de l'arc qui s'élève lentement, son sommet restant à peu près dans le méridien magnétique.

Il se forme des rayons qui s'allongent, se raccourcissent lentement ou instantanément; ils dardent, augmentant ou diminuant subitement d'éclat. Tous ils semblent converger vers un même point du ciel, indiqué par la direction de l'aiguille d'inclinaison; quelquefois ils atteignent ce point de réunion en formant ainsi le fragment d'une immense coupole lumineuse.

L'arc continue de monter vers le zénith; il éprouve un mouvement ondulatoire dans sa lueur, l'éclat de chaque rayon augmentant successivement d'intensité.

Souvent l'arc n'est qu'une longue bande de rayons qui se contourne, se sépare en plusieurs parties, formant des courbes gracieuses qui se referment presque sur elles-mêmes, et offrent, n'importe dans quelle partie de la voûte céleste, ce que l'on a nommé des *couronnes boréales.*

Les courbes se forment et se déroulent comme les plis et les replis d'un serpent, les rayons se colorent, la base est d'un rouge de sang clair, le milieu d'un vert émeraude pâle, le reste conserve sa teinte lumineuse jaune clair.

De nouveaux arcs se succèdent à l'horizon; on en a compté jusqu'à neuf; ils se serrent les uns contre les autres et vont disparaître vers le sud. Quelquefois la masse des

rayons qui ont déjà dépassé le zénith magnétique paraît venir du sud, et, se réunissant avec ceux du nord, donne la véritable couronne, ayant une forme ordinairement elliptique, rarement circulaire. Il arrive que cette couronne se forme aussi sans aucun arc préalable.

La couronne s'affaiblit, les arcs pâlissent avant d'avoir atteint l'horizon du sud, les rayons forment des lueurs pâles qu'on a désignées sous le nom de *plaques aurorales;* ils deviennent vagues et finissent par se confondre avec les nuages.

CHAPITRE IV.

AURORES BORÉALES OBSERVÉES DE DIVERS LIEUX.

Le 6 mars 1715 ou 1716, une aurore boréale fut observée à Cambridge par Roger Cotes.

Les premiers rayons se montrèrent au nord; mais à sept heures un quart, il s'en élevait de toutes les parties du ciel, depuis le nord jusqu'au sud. Ces rayons, en se réunissant, formaient une espèce de dais (*canopy*). Leur point de réunion était 20° au sud du zénith; l'azimut de ce point était de 10° comptés du sud vers l'est; le dais s'élevait jusqu'à 10 ou 15° de hauteur dans la direction du nord où il était le plus étendu; vers le sud, il ne descendait que jusqu'à 40° au-dessus de l'horizon.

Les couleurs des rayons surpassaient quelquefois en vivacité celles du plus brillant arc-en-ciel; mais elles s'éteignaient au bout d'une seconde de temps.

L'auteur attribue le phénomène à des rayons parallèles qui ne paraissent converger que par un effet de perspective.

Roger Cotes rapporte qu'il a remarqué un tremblement très-sensible dans les extrémités supérieures des rayons lumineux de l'aurore boréale que nous venons de décrire. Ces rayons étaient aussi croisés quelquefois par des espèces d'ondes qui s'élevaient au nord parallèlement à l'horizon.

Dans un phénomène précédent, Roger Cotes avait aperçu un grand nombre de rayons parallèles, jaillissant d'un nuage lumineux placé dans la région du nord; quelquefois une portion du nuage se détachait et marchait parallèlement à l'horizon; alors cette portion transportait avec elle un ou plusieurs des faisceaux lumineux dont nous venons de parler, les croisait successivement en leur demeurant néanmoins toujours parallèle.

Pour qu'on puisse calculer plus exactement, si on le désire, la position de l'aurore boréale du 6 mars 1715 ou 1716, Cotes avertit qu'à sept heures un quart le sommet du dais était à peu près au milieu de l'intervalle compris entre Castor et Pollux (*Transactions philosophiques*, 1720, vol. XXXI, p. 66, Roger Cotes).

Le 30 mars 1717, à Rochester, le révérend Edmund Barrell dit avoir observé une aurore boréale qui n'était pas juste au nord, mais un peu vers l'ouest (*Transactions philosophiques*, vol. XXX, p. 584).

Martin Folkes a observé la même aurore; il a estimé que le point culminant de l'arc lumineux était environ à 20° à l'ouest du vrai nord. A la fin, la déviation lui paraissait plus petite de plusieurs degrés (*Transactions philosophiques*, vol. XXX, p. 196 et 588).

Halley a observé une aurore boréale à Londres le

10 novembre 1719. Le point de concours des rayons lumineux était à 14° au sud du zénith et fort près du méridien. Les points de départ des rayons étaient au moins à 30 ou 40° de hauteur; aucune lumière ne se voyait plus près de l'horizon; le ciel cependant était parfaitement calme et serein (*Transactions philosophiques*, vol. xxx, p. 1099).

Le 15 février 1730, Cramer observa une aurore boréale à Genève. La base de l'arc lumineux reposait sur une corde d'environ 145°; son milieu déclinait vers l'ouest d'environ 15° (huit heures trente minutes du soir). Le point le plus élevé était à 30 ou 40° de hauteur.

On voyait en même temps, au midi, une bande lumineuse dont la hauteur variait successivement entre 45 et 54°. Cette bande, assez semblable à l'arc-en-ciel, mais plus large, variable entre 14 et 20°, était terminée par deux arcs parallèles également espacés. Son point culminant déviait de 15° du sud vers l'est; il était donc diamétralement opposé au point culminant de l'arc boréal. Le rouge écarlate était la couleur de la zone australe. Cette aurore, par extraordinaire, affaiblissait considérablement la lumière des étoiles sur lesquelles les arcs venaient se placer. Le temps était froid, calme et serein (*Transactions philosophiques*, 1730, vol. xxxvi, p. 279).

Le 9 octobre 1730, Mairan et Cassini virent, l'un à Breüillepont en Normandie, l'autre en Picardie, une aurore boréale ordinaire qui, peu de temps après, huit heures du soir, commença à s'ébrécher vers son milieu, et se divisa en deux ovales lumineux inclinés à l'horizon, longs chacun de 15 à 18° sur 5 à 6° de largeur,

entre lesquels on voyait les Pléiades. Ensuite les deux ovales diminuèrent d'intensité, changèrent de figure et disparurent.

Pendant ce temps, le père Rouché observait à Poitiers, et à fort peu près dans la même région du ciel, une aurore dont les formes ne paraissent pas pouvoir être ramenées par des effets de parallaxe à celles que Mairan et Cassini ont décrites. A Poitiers « on vit d'abord un demi-cercle dont le diamètre, tourné en haut, était parallèle à l'horizon, et long de plus de 20°. Ensuite ce demi-cercle se partagea en deux autres moindres contigus par leurs diamètres, qui faisaient une même droite parallèle encore à l'horizon. Ces figures si régulières ne durèrent pas longtemps ; les deux petits cercles se réunirent pour former un grand cercle presque entier ; enfin cela devint une espèce de segment de cercle qui finissait par un trident, dont les dents étaient fort longues et bien séparées. » (*Académie des sciences* de 1730, hist., p. 7.)

Maraldi, enfin, ne parle dans sa description de la même aurore, vue à Paris (*Mémoires*, p. 574), que de deux colonnes lumineuses inclinées à l'horizon, de 16 à 18° de longueur sur 5 à 6 de largeur. L'une commença à diminuer à huit heures vingt-cinq minutes, tandis que l'autre augmentait.

Le docteur Blanc dit avoir observé une aurore boréale à la Barbade, le 10 octobre 1780, pendant un ouragan : elle se montra au nord-est (*Académie d'Edinburgh*, 1788, tome Ier, p. 34).

CHAPITRE V.

SUR LA DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR DE L'ARC DES AURORES BORÉALES.

Dans nos climats, quand une aurore boréale est complète, quand une partie de sa lumière dessine dans l'espace un arc bien tranché, bien défini, le point culminant de cet arc est dans le méridien magnétique, et ses deux points d'intersection apparents avec l'horizon sont à des distances angulaires égales du même méridien.

Lorsqu'il jaillit des colonnes lumineuses des diverses régions de l'arc, leur point d'intersection, celui que certains météorologistes ont appelé le centre de la coupole, se trouve dans le méridien magnétique, et précisément sur le prolongement de l'aiguille d'inclinaison.

Il est très-important de répéter partout ce genre d'observations, moins pour établir entre les aurores boréales et le magnétisme terrestre une connexion générale dont personne ne peut douter aujourd'hui, qu'à raison des lumières qu'il doit répandre sur la nature intime du phénomène, et sur les méthodes géométriques d'après lesquelles on a quelquefois déterminé sa hauteur absolue.

Ces méthodes, fondées sur des combinaisons de parallaxes, supposent que partout on voit le même arc, je veux dire les mêmes molécules matérielles amenées par des causes inconnues à l'état rayonnant ! Si je ne me trompe, cette hypothèse, quand elle sera examinée avec le scrupule convenable, soulèvera plus d'un doute sérieux.

L'orientation magnétique de l'arc de l'aurore ne prouve

rien autre chose si ce n'est que le phénomène est placé symétriquement par rapport à l'axe magnétique du globe. Quant au genre de déplacement que le centre de la coupole éprouve pour chaque changement de position de l'observateur, il ne saurait s'expliquer par un jeu de parallaxes. Ce déplacement est tel qu'un observateur qui marche de Paris vers le pôle magnétique nord, voit le centre de la coupole, situé au sud de son zénith, s'élever de plus en plus au-dessus de l'horizon; or c'est précisément le contraire qui arriverait si la coupole était un point rayonnant et non un simple effet de perspective.

Dès qu'on a établi que dans les aurores boréales une de leurs parties est une pure illusion, on ne voit pas pourquoi l'on adopterait d'emblée que l'arc lumineux de Paris est celui qui sera aperçu de Strasbourg, de Munich, de Vienne, etc. ! Conçoit-on quel grand pas aurait fait la théorie de ces mystérieux phénomènes, s'il était établi que chaque observateur voit son aurore boréale comme chacun voit son arc-en-ciel? Ne serait-ce pas d'ailleurs quelque chose que de débarrasser nos catalogues météorologiques d'une multitude de déterminations de hauteur qui n'auraient plus aucun fondement réel, bien qu'on les doive aux Mairan, aux Halley, aux Krafft, aux Cavendish, aux Dalton.

Avant de terminer un chapitre dans lequel il a été si souvent question de la hauteur absolue de la matière au milieu de laquelle l'aurore boréale s'engendre, je ne dois pas oublier de rappeler qu'une fois le capitaine Parry crut voir des jets lumineux, provenant d'une aurore, se projeter sur une montagne peu éloignée de son bâtiment.

Cette observation mérite bien d'être confirmée et renouvelée.

Les lignes précédentes, écrites pour faire partie des instructions votées par l'Académie des sciences, relativement aux observations de météorologie et de physique du globe, qui pouvaient être recommandées aux expéditions scientifiques du Nord et de l'Algérie, ont donné lieu à une réclamation de priorité de la part de M. Morlet, à la date du 13 avril 1840. J'ai répondu dans les termes suivants auxquels je n'ai rien à changer :

« Le soupçon que chaque observateur pourrait bien voir son arc d'aurore comme chacun voit son arc-en-ciel, a été développé, il y a plus de vingt ans, dans les leçons de physique du globe professées à l'École polytechnique et à l'Observatoire. Si la chose en valait la peine, on le retrouverait aisément dans les cahiers des élèves, dans les procès-verbaux du Bureau des Longitudes, et même dans des ouvrages imprimés, de dix ans, au moins, plus anciens que le traité cité par M. Morlet. Je m'étonnerais que M. Morlet insistât, car je lui montrerais au besoin des Mémoires qui ont plus de cent ans de date, et dans lesquels on donne des *preuves* péremptoires que l'aurore boréale d'un lieu peut ne pas être celle d'un autre lieu; je lui prouverais aussi que, longtemps avant lui, on avait senti la nécessité de rechercher si l'arc lumineux est ou n'est pas circulaire. Je peux affirmer que MM. Lottin, Bravais, Martins n'avaient nullement besoin de lire les travaux de M. Morlet pour savoir que la détermination de la forme de l'arc de l'aurore s'effectuerait parfaitement d'après la mesure des abscisses et des ordonnées. Le peu

de fondement des réclamations de M. Morlet ne m'empêchera pas d'ailleurs de dire que les calculs auxquels il vient de se livrer pour rechercher d'après d'anciennes observations si l'arc ou les arcs d'aurores boréales étaient circulaires, présentent un véritable intérêt. »

Les détails qui sont rapportés dans le chapitre précédent, les diverses aurores boréales observées dans le siècle dernier, démontrent suffisamment qu'en chaque lieu on voit des apparences de la même aurore qui se modifient avec la latitude et la longitude.

CHAPITRE VI.

DU BRUIT DES AURORES BORÉALES.

Les aurores boréales sont-elles accompagnées de bruit? c'est une question de fait sur laquelle ne sont pas d'accord les observateurs. Nous allons d'abord rapporter les assertions de ceux qui sont pour l'affirmative.

Voici deux passages du révérend Jeremy Belknap, tirés du 2e volume des *Transactions of the american Society*, p. 196 : « Examinant il y a deux ans (en 1781), à Dower, New-Hampshire, États-Unis, avec beaucoup d'attention les jets de lumière partant de l'arc lumineux d'une aurore boréale qui se montra dans une nuit calme, et pendant la gelée, je crus entendre (*I thought I heard*) un bruit faible et *rustling* semblable au *brushing of silk*. »

« En mars 1783, la totalité de l'hémisphère paraissait en feu; les jets lumineux semblaient s'élever de tous les points et converger au zénith. Il n'y avait d'autre différence entre le sud et le nord, si ce n'est que les vapeurs

paraissaient s'élever de points plus voisins de l'horizon au nord qu'au sud. Le vent soufflait de l'ouest par moments. Il s'écoulait ordinairement deux ou trois minutes entre deux bouffées. Dans cet intervalle, j'entendais nettement un *rustling noise* qui se distinguait aisément de celui du vent, et qui d'ailleurs aurait été effacé par celui de la bouffée. »

On trouve ce passage dans une note du IIIe volume du *Traité de physique* de Cavallo :

« Some times those coruscations (celles des aurores « boréales), when strong, are accompanied with a sort « of crackling noise distinctly, as I remember to have « heard it, more than once. »

« Quelquefois les fortes *corruscations* de l'aurore boréale sont accompagnées d'une sorte de *craquement* (*crackling noise*) très-distinct. Je me ressouviens de l'avoir entendu plus d'une fois. » (Cavallo, *the Elements of natural or experimental philosophy*, t. III, p. 445.)

Les aurores boréales dans le Groënland sont très-éclatantes ; les colonnes lumineuses dont elles sont formées répandent quelquefois sur tout l'horizon des couleurs aussi vives et aussi variées que celles de l'arc-en-ciel. On voit rarement ces phénomènes au nord de l'horizon. Le plus souvent ils se montrent à l'est ou au zénith. Quand les aurores paraissent basses, on entend un craquement semblable à celui de l'étincelle électrique. Les Groënlandais croient que les âmes des morts se battent alors dans les airs. » (*Edinburg Encyclopedy*, tome X, partie 2, p. 488, année 1815.)

M. Ramm, inspecteur royal des forêts en Norvége,

écrit à M. Hansteen, en date de 1825, que « dans les années 1766, 1767 ou 1768, il entendit le bruit d'une aurore boréale. M. Ramm, qui n'avait alors que dix ans, remarqua ce phénomène pendant qu'il traversait une prairie près de laquelle il n'existait point de forêts. Le sol était couvert de neige et de givre. (Voir dans *le Capitaine Franklin* que la neige craque quelquefois.) Le bruit coïncidait toujours avec l'apparition des jets lumineux. Comment cela pouvait-il être, puisque ces jets sont incontestablement à une hauteur un peu considérable dans l'atmosphère. » (*Philos. Magazine*, mars 1826, p. 177.)

Wargentin rapporte, dans le 15e vol. des *Transactions de Suède*, que deux de ses élèves, le docteur Gisler et M. Hellant, qui avaient longtemps habité le nord de ce royaume, firent à l'Académie de Stockholm le rapport dont voici les principaux passages :

« La matière des aurores boréales descend quelquefois si bas qu'elle touche le sol ; au sommet des hautes montagnes, elle produit sur la figure des voyageurs un effet analogue à celui du vent. » (Docteur Gisler.)

« J'ai souvent entendu le bruit des aurores, ajoute le docteur Gisler ; ce bruit ressemble à celui d'un fort vent ou au bruissement que font quelques matières chimiques dans l'acte de leur décomposition.... J'ai cru souvent trouver que le nuage avait l'odeur de fumée ou de sel brûlé.... » Les paysans de Norvége lui apprirent qu'il s'élevait quelquefois du sol un brouillard froid, d'une teinte blanc verdâtre, qui obscurcissait le ciel, quoiqu'il n'empêchât pas de voir les montagnes de loin ; ce brouillard à la fin donnait naissance à une aurore boréale. Il

rend la respiration difficile. » (*Philos. Magazine*, mars 1826, p. 178.)

Voici maintenant les observations qui sont pour le doute ou la négative.

Gmelin (l'ancien, le botaniste) dit, dans son *Voyage en Sibérie*, tome II, p. 31, traduit par Keralio, « que les aurores boréales *pétillent*, mais ce n'est pas *lui* qui a entendu le bruit; il affirme cela seulement, d'après ce que lui avaient dit les habitants de Yénisseisk, en Sibérie. » Suivant ces habitants, « les chasseurs de renards assurent que les aurores boréales font un bruit semblable à celui d'un feu d'artifice si terrible, que leurs chiens, saisis d'effroi, tombaient par terre, et qu'il était impossible de les faire bouger avant que ce bruit fût fini. »

Patrin doute de l'authenticité de ce récit; il ajoute qu'on ne chasse point en Sibérie aux renards avec des chiens (et surtout pendant la nuit), on ne fait que leur tendre des piéges. Patrin dit que Pallas, qui avait voyagé pendant six ans en Sibérie, ne parlait du passage de Gmelin que nous avons rapporté qu'en plaisantant.

Durant neuf hivers, passés dans diverses contrées de la Sibérie, Patrin a vu de très-belles aurores boréales : elles n'ont jamais fait aucun bruit. Cet auteur rapporte que, « ni l'évêque Eggede, qui a vécu quinze ans dans le Groënland, dont il a donné l'histoire naturelle et la météorologie; ni le pasteur Horrebow, qui a décrit cent seize aurores boréales qu'il a observées en Islande, ne font la plus petite mention de ces bruits, de ces pétillements. » (*Bibliothèque britannique*, tome XLV, p. 89 et suiv.)

« Il est impossible d'observer les apparitions soudaines

et les grands mouvements des masses de lumière dont les aurores boréales se composent, sans s'imaginer qu'elles sont accompagnées d'un certain bruissement; j'ai néanmoins la conviction que c'est une illusion, et que ce phénomène ne donne lieu à aucun bruit. Je suis souvent resté des heures entières couché sur la glace, très-loin de nos bâtiments, dans la vue de vérifier le fait, sans avoir jamais rien entendu. » (Capitaine Lyon, *Private journal*, p. 100.)

Le capitaine Franklin nous apprend, que, à Cumberland-House, par la gelée et un temps calme (54° de latitude nord), l'aurore boréale se montrait presque tous les soirs, mais que jamais, lors même qu'elle avait le plus de vivacité, on n'entendait le moindre bruit. Les résidents à cette factorerie assuraient, au contraire, que ce phénomène était souvent accompagné d'un *rustling sound;* mais il est si naturel d'associer l'idée de bruit à celle d'un mouvement rapide, que beaucoup d'observateurs peuvent s'être laissé entraîner à cette illusion.

Nous ajouterons le rapprochement suivant :

M. Winn présenta en 1772, à la Société royale, un Mémoire dans lequel il se proposait de prouver que l'apparition d'une aurore boréale est un présage certain d'une tempête du sud ou du sud-est.

CHAPITRE VII.

HEURES DES AURORES BORÉALES.

Le capitaine Lyon (*Brief narrative*, p. 167) dit que les aurores boréales se montrent rarement avant neuf

heures du soir, et que leur maximum d'intensité a lieu ordinairement vers dix heures.

Nous verrons plus loin qu'il faut bien se garder de prendre de telles indications au pied de la lettre.

CHAPITRE VIII.

CAUSES DES AURORES BORÉALES.

L'idée d'une connexion intime entre le magnétisme et les aurores boréales remonte au siècle dernier. Un membre de l'Académie des sciences, Du Fay, s'exprime en ces termes dans un *Mémoire sur l'aimant*, en date du 15 avril 1730, publié en 1732 dans le volume des *Mémoires de l'Académie pour* 1730 (p. 147 et 148) : « M. Halley, et plusieurs autres physiciens depuis lui, ont dit que la matière magnétique pouvait avoir quelque part aux lumières boréales...

« On peut encore ajouter que, suivant les observations les plus exactes, le centre auquel aboutissent les rayons des aurores boréales décline presque toujours vers l'ouest de 14 ou 15°, ce qui est à peu près la quantité dont l'aiguille décline présentement. Si ce centre des rayons des aurores boréales venait à suivre à l'avenir les variations de l'aimant, cela pourrait nous mener à quelque chose de plus positif (sur la cause des aurores). »

Par le centre auquel aboutissent les rayons, Du Fay, sans aucun doute, entend le centre de l'arc lumineux ou le centre de la coupole.

Cette idée ne fut pas immédiatement adoptée, car M. Garnett remarque que le point central des aurores

boréales est 10° environ au sud du zénith. Il imagine, en conséquence, que ce défaut de coïncidence des deux points ne doit pas avoir lieu à l'équateur, et qu'il augmente à mesure qu'on se rapproche du pôle. M. Garnett ignorait donc, en 1791, la liaison qu'il y a entre le centre de l'aurore et le point où aboutit l'aiguille d'inclinaison. (*Mémoires de Manchester*, t. IV, p. 255.)

On a cru que l'inflammation accidentelle du gaz hydrogène supposé exister dans les hautes régions de l'atmosphère, pouvait fournir une explication plausible de l'aurore boréale.

Dans cette hypothèse les propriétés magnétiques du phénomène tenaient au fer, dont on supposait le gaz imprégné. (Ussher, *Transactions d'Irlande*, tome II, p. 190.)

Du Fay, dans le Mémoire que nous avons cité plus haut, adopte l'opinion que les matières inflammables des hautes régions atmosphériques suffisent seules pour expliquer les aurores boréales : « Les exhalaisons inflammables, dit-il, ou même dont quelques-unes sont déjà enflammées, étant répandues dans l'air, si leur degré de densité ou de pesanteur les amène à la distance de la terre où la matière magnétique circule en plus grande abondance, ce torrent, qui roule vers le nord, rassemble ces exhalaisons éparses dans toute l'atmosphère et les réunit vers le pôle; celles qui sont déjà enflammées embrasent les autres, ou la seule collision les allume, et le courant de matière les dispose en forme de rayons, tels que nous les voyons. »

Mais voici des rapprochements plus plausibles. Toute

théorie qui ne repose pas sur des faits déjà constatés n'a aucune valeur scientifique.

Ussher remarquait (*Transactions d'Irlande*, t. II, p. 191) que la période d'environ quarante années signalée par Mairan, et pendant laquelle il y eut très-peu d'aurores, correspond par son milieu (1661) à l'époque où la déclinaison de l'aiguille aimantée était nulle en Angleterre et en France.

En 1788, Ussher déduisait la connexion de l'aurore et du magnétisme terrestre de la position de la coupole, et plus encore de celle de l'arc. « Le point le plus élevé de cet arc, disait-il, est toujours dans le méridien magnétique. »

Pour ma part, j'ai publié en décembre 1817 (*Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. VI, p. 443), la note suivante : « Le 6 février, vers les six heures après midi, on a vu à Paris une très-belle aurore boréale. Nous nous sommes assuré, par des observations directes, que le point culminant de l'arc lumineux était exactement placé dans le méridien magnétique. »

Dans le cahier de janvier 1819 des *Annales de chimie et de physique*, t. X, p. 119, j'ajoutai les détails suivants que je dois transcrire ici :

« Les académiciens de Pétersbourg ont plusieurs fois annoncé que, dans cette ville, la déclinaison ne varie ni du matin au soir, ni du jour au lendemain, ni même d'une année à l'autre. Malgré la confiance que les noms d'Euler, de Krafft, etc., peuvent inspirer, une anomalie aussi extraordinaire doit-elle être admise, tant qu'elle ne se fondera pas sur des observations nombreuses et faites avec des instruments très-précis.

« Les aurores boréales doivent être placées au premier rang des causes qui troublent quelquefois la marche régulière des variations diurnes. Ces variations, même en été, ne sont plus que de quinze ou de vingt minutes ; mais si une aurore se montre, on voit souvent l'aiguille s'éloigner en quelques instants du méridien magnétique de plusieurs degrés. Comment concilier maintenant une influence aussi marquée avec des observations d'où il semblerait résulter que la même aurore qui transporte subitement une aiguille de l'est à l'ouest laisse immobile une aiguille voisine ou lui imprime un mouvement contraire?

« Pendant l'apparition d'une aurore boréale, on voit souvent, dans la région du nord, des rayons lumineux, diversement colorés, jaillir de toutes les parties de l'horizon. Le point du ciel où ces rayons se réunissent est précisément celui vers lequel se dirige une aiguille aimantée suspendue par son centre de gravité, en sorte qu'à Paris, où l'on observe maintenant une inclinaison de 68° 40′, ce point est 21° 20′ au sud du zénith. Il a été prouvé, en outre, que les cercles concentriques, presque semblables à l'arc-en-ciel, qui se montrent ordinairement avant les jets lumineux dont nous venons de parler, reposent chacun sur deux parties de l'horizon également éloignées du méridien magnétique, et que les points les plus élevés de chaque arc sont exactement dans ce méridien. Il est incontestable, d'après cela, qu'il y a une liaison intime entre les causes de l'aurore boréale et celles du magnétisme terrestre. Ce ne sera toutefois qu'à l'aide d'observations nombreuses, faites simultanément dans divers points de la terre, avec des aiguilles délicatement suspendues,

qu'on pourra essayer de découvrir comment le premier de ces phénomènes modifie le second.

« On manque jusqu'à ce jour d'un nombre suffisant d'observations de variations, parce que le prix des boussoles est assez élevé, et parce que les observations des variations diurnes sont très-assujettissantes. Heureusement M. le maréchal duc de Raguse, qui ne croit pas déroger en consacrant ses loisirs à l'étude des sciences, a bien voulu ne point apercevoir ces obstacles. Par ses soins, une excellente boussole de l'artiste Gambey a été placée depuis quelques mois à Châtillon-sur-Seine, en Bourgogne; en l'absence de M. le maréchal, les observations sont faites par un jeune homme intelligent et instruit, auquel est également confiée la surveillance de quelques-uns des beaux établissements d'agriculture qu'on admire aux alentours du château de Châtillon. Ces observations nous sont régulièrement communiquées, et elles seront rapprochées avec utilité de celles que nous faisons à Paris.

« La marche de l'aiguille aimantée, dans la matinée du 31 octobre 1818, n'offrit rien de remarquable; mais à partir de midi, la déclinaison augmenta plus que de coutume : à une heure, elle surpassait celle des jours précédents de 12′ environ; à cinq heures et demie, l'excès de déclinaison était encore de 7′. Après ce temps, l'aiguille rétrograda brusquement vers l'est, et de telle sorte qu'à huit heures la déclinaison était plus faible que la moyenne de toutes celles qu'on avait observées à la même heure durant le reste du mois, de près de 9′. On voit que les déplacements accidentels de l'aiguille, le 31 octobre, ont

été plus considérables que la totalité de son oscillation diurne régulière ; car dans ce mois, celle-ci n'est guère que de 10′.

« A Châtillon-sur-Seine, dans le château de M. le maréchal duc de Raguse, l'aiguille, entre huit heures du matin et six heures du soir, éprouva des mouvements irréguliers, parfaitement semblables à ceux qu'on avait observés à Paris.

« Enfin je trouve, dans les observations de M. le colonel Beaufoy, faites à Bushey-Heath (1^m 2^s de temps à l'ouest de Greenwich, et par 51° 38′ de latitude), que la déclinaison de l'aiguille, le 31 octobre au matin, ne différait pas sensiblement de celle des jours précédents ; mais qu'à une heure, elle était plus grande qu'à l'ordinaire de 11′. Les observations du soir manquent.

« Si nous rapprochons ces remarques d'une lettre datée de Bishopwearmouth, en Sunderland, qui vient d'être insérée dans le journal du docteur Thomson, et dans laquelle M. Renney annonce avoir vu une aurore boréale le 31 octobre 1818, entre sept et huit heures du soir, on ne doutera pas que ce phénomène, qui n'a pas été aperçu à Paris à cause des nuages, n'ait déterminé les oscillations irrégulières observées à Bushey-Heath, à l'Observatoire royal et à Châtillon. Il demeurera aussi évident que « l'aurore boréale agit avant de se montrer sur l'horizon, et que son influence s'exerce simultanément à des distances considérables. »

CHAPITRE IX.

SUR LES AURORES BORÉALES QUI SE MONTRENT EN PLEIN JOUR.

Les apparitions bien constatées d'aurores boréales de jour sont trop peu nombreuses pour je puisse me dispenser de traduire la description d'un de ces phénomènes que je trouve dans le tome v des *Transactions de la Société royale d'Edinburgh.* L'observation est du révérend Patrick Graham. Elle fut faite à Aberfoyle, dans le Perthshire.

« Le 10 février 1799, vers trois heures et demie du soir, le soleil était encore éloigné de son coucher de plus d'une heure, et il brillait faiblement à travers une atmosphère couleur de plomb, lorsque j'aperçus un halo autour de l'astre. Pendant que j'observais ce phénomène, l'hémisphère visible fut envahi en totalité par ce qui me parut, au premier aspect, une vapeur légère et pâle. Cette vapeur était disposée en bandes longitudinales (*streaks*) s'élevant de l'ouest et s'étendant vers l'est en passant par le zénith. En étudiant cette apparence plus attentivement, je reconnus qu'elle provenait d'une véritable aurore boréale; j'aperçus, en effet, les divers phénomènes qui caractérisent le météore quand on l'observe de nuit, si ce n'est qu'il était pâle et sans couleur. Les jets de matière électrique s'élançaient très-visiblement d'un nuage situé à l'ouest, éprouvaient une certaine diffusion, convergeaient vers le zénith, et divergeaient au delà vers tous les points de l'horizon. Les *corruscations* étaient aussi instantanées et aussi distinctement perceptibles que pendant la nuit.

« Cette apparence dura plus de vingt minutes ; elle s'affaiblit ensuite graduellement et fit place à des vapeurs légères dispersées çà et là, lesquelles, au coucher du soleil, se répandirent sur tout le firmament. La nuit suivante je ne parvins pas à découvrir la plus légère trace d'aurore horéale. »

Le catalogue détaillé d'aurores boréales que Mairan a publié dans la dernière édition de son *Traité* ne renferme aucune observation faite de jour. « Les grandes aurores boréales, dit ce savant académicien, commencent ordinairement de bonne heure, peu de temps après la fin du crépuscule, et quelquefois auparavant. » « Jamais, que je sache, ajoute-t-il ailleurs, ce phénomène ne commence le matin, après minuit, quand les nuits sont un peu longues. »

En parcourant le tome II des *Mémoires de l'Académie d'Irlande*, j'ai trouvé une observation du docteur Henry Ussher, membre des Sociétés royales de Londres et de Dublin, qui tombe si peu dans les limites indiquées par Mairan, qu'elle a été faite de jour et tout près de l'heure de midi. Voici la traduction littérale de la note du savant irlandais :

« Dans la nuit du samedi 24 mai 1788, j'ai aperçu (à Dublin) une brillante aurore boréale : ses rayons lumineux se réunissaient, comme d'habitude, au pôle de l'aiguille d'inclinaison. J'ai toujours remarqué que les aurores boréales rendent les étoiles singulièrement ondulantes dans le télescope. Le lendemain matin (25), vers onze heures, ayant trouvé que les astres oscillaient beaucoup dans ma lunette, j'examinai attentivement l'état du

ciel, et j'aperçus des rayons d'une lumière blanche et vacillante qui s'élevaient de tous les points de l'horizon vers le pôle de l'aiguille d'inclinaison où ils formaient une coupole légère et blanchâtre, semblable à celle que présentent, la nuit, les brillantes aurores boréales. Les rayons étaient tremblotants depuis l'horizon jusqu'à leur point de réunion.

« Cette aurore fut observée par trois différentes personnes, qui marquèrent chacune séparément le point vers lequel les rayons convergeaient [1]. »

L'influence manifeste que les aurores exercent sur la déclinaison de l'aiguille aimantée, m'a semblé un moyen de décider si le phénomène dont on vient de lire la description était bien réellement une aurore boréale de jour. J'ai donc pris, dans les archives du Bureau des Longitudes, les observations de variations diurnes qui se faisaient à l'Observatoire sous la direction de M. Cassini, et j'en ai déduit les résultats que voici :

État moyen de l'aiguille entre le 18 *et le* 30 *mai* 1788.

	8 heures.	10 heures.	Midi.	2 heures.	5 heures.	9 heures.
	35′	39′	42′	42′	37′	35′
Le 24,	″	46	37	″	38	36
Le 25,	44	37	44	39	36	45

Ordinairement les observations faites à une heure déterminée, dans la même quinzaine, ne présentent guère entre elles que des discordances de 2 ou 3′. Les résultats

1. Ce Mémoire de Ussher se trouve tome II, p. 189 des *Transactions de l'Académie d'Irlande*. Peut-être dois-je remarquer ici que la table des matières n'en fait pas mention, et qu'il manque même dans certains exemplaires de ces *Transactions*, par exemple dans celui de la bibliothèque de l'Observatoire de Paris.

du 25 diffèrent assez de la moyenne, tant par leur marche que par leurs valeurs, pour qu'on doive supposer qu'il y avait, ce jour-là, une cause perturbatrice.

Ainsi les phénomènes magnétiques viennent à l'appui de la conclusion du docteur Ussher.

J'ai rapporté les observations du 24 pour faire voir que l'aurore boréale qui se montra la nuit de ce même jour avait déjà commencé à agir dès le matin. L'observation de huit heures manque, à cause des grandes oscillations que faisait l'aiguille à cette époque de la journée.

L'aurore boréale de jour est décrite dans la note de Ussher avec beaucoup de netteté. Ce savant est d'ailleurs connu par plusieurs Mémoires intéressants, dont je me plais à reconnaître le mérite. Ne demandera-t-on pas, d'après cela, comment j'ai pu croire nécessaire de chercher à prouver, par des voies indirectes, qu'un observateur aussi exercé ne s'était pas mépris, et que le phénomène qu'il avait aperçu dans la matinée du 25 mai 1788 était bien, comme il l'annonce, une aurore boréale? Je répondrai à cette question, qu'il arrive souvent, comme tous les météorologistes l'ont remarqué, que des bandes de nuages très-légères sont disposées dans les hautes régions de l'air, de manière qu'elles paraissent converger vers un seul et même point, et présentent ainsi la disposition des rayons décrits par Ussher. Le point de convergence était, il est vrai, dans ce cas-ci, le pôle de l'aiguille d'inclinaison. J'avouerai franchement que si cette circonstance ne m'avait pas entièrement convaincu, c'est seulement parce que, dans un Mémoire sur les halos, le même savant annonce que le grand axe des halos ellip-

tiques est aussi toujours dirigé parallèlement à l'aiguille magnétique, résultat qui ne me paraît ni vrai ni vraisemblable.

CHAPITRE X.

DES INFLUENCES MAGNÉTIQUES EXERCÉES SUR L'AIGUILLE AIMANTÉE.

On a vu, dans les deux chapitres qui précèdent, que j'avais non-seulement montré, comme mes prédécesseurs, qu'il y avait de certaines coïncidences entre la direction de l'aiguille aimantée et les principales dispositions des aurores boréales, mais encore que j'avais découvert, dès 1819, que ce phénomène influait sur les mouvements de l'aiguille aimantée. J'ai même pu, en 1822, retrouver que d'anciennes aurores avaient fait éprouver aux boussoles des mouvements qui avaient passé inaperçus ou inexpliqués. Des conséquences aussi importantes ont appelé mon attention sur ce genre de phénomènes, et j'ai recueilli avec soin, pendant plus de dix ans, toutes les observations d'aurores boréales pour les rapprocher de mes observations de déclinaison, d'inclinaison et d'intensité. J'ai trouvé ainsi que les trois principaux phénomènes de l'aiguille aimantée étaient influencés par les aurores boréales, et que les actions constatées s'exerçaient lors même que les aurores étaient invisibles dans le lieu de l'observation. Les résultats que j'avais obtenus furent contestés par plusieurs physiciens; c'est la loi invariable que doivent subir toutes les découvertes. On ne voulut pas admettre que j'avais entièrement résolu la question, soit par mes propres expériences, soit par l'étude détaillée que j'avais faite des nombreuses observations de

Celsius, d'Hiorther, de Wilcke, de Wargentin, de Canton, de Van-Swinden, de Cote, de Cassini et de Dalton. Pour ceux qui liront le catalogue des aurores boréales observées dans les deux hémisphères à partir de 1819, catalogue que j'ai rédigé à l'aide de ma correspondance particulière et de la lecture de divers recueils scientifiques, en l'accompagnant du tableau de la marche de l'aiguille de déclinaison de Paris, l'opinion que j'ai adoptée dès 1817 ne paraîtra plus douteuse, non-seulement à l'égard des aurores visibles, mais en l'étendant même à celles qui ne s'étaient pas élevées au-dessus de l'horizon de Paris.

On me fit l'honneur de s'occuper de cette opinion, mais on aima mieux s'en rapporter à des souvenirs recueillis pendant la communication verbale que je fis à l'Académie des Sciences sur ces phénomènes importants qu'aux notes que je publiai successivement dans les *Annales de chimie et de physique.* Je trouvai encore parmi mes adversaires un illustre savant qui depuis est devenu mon ami. M. Brewster, associé étranger de l'Académie des Sciences, la plus haute distinction que puisse ambitionner un savant, me pardonnera ce souvenir que je ne puis effacer de l'histoire des sciences.

Les remarques, les épigrammes, les quolibets (car on trouve tout cela dans le factum en question, voire même une comparaison qui amène le nom de la bataille de Navarin), ne sont pas du reste dirigés contre le fond des choses. On m'attribue des expressions dont je ne me suis pas servi, et on les imprime en italique. Peu importe que j'aie publié précisément le contraire des phrases qu'on

blâme[1]; l'italique décide péremptoirement que les expressions, que les phrases sont sorties de ma bouche. Il serait sans doute fâcheux que de tels principes de critique littéraire fissent des prosélytes; mais la passion n'y regardera jamais de si près; elle se livre à une réfutation vigoureuse d'expériences, non publiées encore, et qui ne sont connues imparfaitement que par les confidences de leur auteur. J'abandonne ces remarques avec confiance à la méditation des savants, et je passe sans autre préambule à l'examen du fond de la question.

Mon critique trouve fort étrange que je n'aie pas publié régulièrement dans les *Annales de chimie et de physique*, les observations magnétiques de Paris. J'espère, sur ce point, qu'il reconnaîtra la justesse de ma réponse; elle sera puisée, en effet, dans cet axiome que le contenu doit être plus petit que le contenant. Les *Annales* forment chaque année trois petits volumes in-8°, tandis que les observations magnétiques annuelles faites à l'Observatoire rempliraient *un gros volume in-folio!* Il est d'ailleurs de toute évidence que les moyennes mensuelles ne suffi-

1. On me fait dire que les prédictions d'aurores boréales déduites des mouvements de l'aiguille se sont *toujours* trouvées exactes. L'italique n'a pas été ici une marque suffisante de réprobation : le mot *always* est imprimé en très-gros caractères. Or, au moment où mon critique, le savant secrétaire de la Société royale d'Edinburgh, insistait sur le mot *toujours*, il avait sous les yeux un écrit où M. Hansteen me reprochait, au contraire, d'avoir admis que tous les dérangements ne provenaient peut-être pas d'aurores boréales. Il avait aussi pu lire que plusieurs de mes annonces ne s'étaient pas encore réalisées, et qu'aussitôt qu'on aurait publié les voyages des capitaines Parry et Franklin, je ferais connaître les résultats, *quels qu'ils fussent* : c'était bien la peine, en présence de tous ces documents, d'écrire *always* en gros caractères.

raient pas pour décider la question de l'influence des aurores; les observations journalières détaillées sont ici indispensables. Si ces observations sont publiées, comme je le désire, ce ne pourra être ni dans les *Annales* ni dans tout autre journal scientifique; les principes de la géométrie y mettraient, comme on voit, un obstacle insurmontable; une publication spéciale faite par le gouvernement pourrait seule donner satisfaction à mon critique; j'ai trop fait d'observations pour qu'on les publie toutes intégralement : tel est mon crime.

J'avais pensé qu'en donnant, chaque année, avec le résumé météorologique, l'indication des jours où, d'après les dérangements de l'aiguille aimantée, je pouvais supposer qu'il y aurait eu quelque part une apparition d'aurore boréale, j'exciterais les personnes qui observent ces phénomènes à publier leurs remarques. Ces *prédictions*, mon critique ne manque jamais de les qualifier ainsi, n'ont pas eu son assentiment; il trouve mauvais que j'en aie le monopole (*predictions wich he now monopolize*). « Le devoir de l'auteur, dit-il (*his duty*), est de publier les observations sans délai. » Le devoir s'entend, dans ce monde, de bien des manières, et plus d'une fois déjà il m'est arrivé d'être sur ce point en désaccord complet avec le critique; aussi, malgré la sentence émanée de son tribunal, je prendrai la liberté de ne soumettre mes observations au public, soit en totalité, soit par parties, qu'à l'instant où elle me sembleront dignes de lui être offertes. Pour ce qui est du monopole dont je me suis emparé (celui de discuter moi-même les observations que je fais), je me flatte qu'on voudra bien l'excepter de l'anathème général

dont tout ce qui porte ce nom est maintenant l'objet. Aujourd'hui, à la fin d'une carrière bien remplie, je ne trouve pas le temps de publier mes œuvres, et je suis forcé de confier ce soin à des mains amies. Au reste, si la critique désire entrer en concurrence avec moi, si elle veut aussi faire des prédictions, je lui enverrai très-volontiers les trois talismans dont je me suis servi, savoir, un fil de soie écrue, une aiguille aimantée et un microscope; il ne me restera plus alors qu'à lui souhaiter de la santé, du zèle et une forte dose de patience.

Quand j'appris, pour la première fois, combien on était jaloux de l'affreux monopole que j'exerce sur les prédictions d'aurores boréales, j'éprouvai, je l'avoue, un petit mouvement de vanité, malheureusement il fut de bien courte durée. Le savant qui me critique le plus énergiquement déclare, en effet, que mes prédictions sont fausses, et il prétend le prouver de deux manières: 1° en citant des observations d'aurores dont l'apparition ne peut pas se concilier avec la marche de l'aiguille de Paris; 2° en montrant des prédictions démenties par l'événement.

L'aurore inconciliable avec la marche de l'aiguille de Paris est celle du 17 août 1825. Elle fut observée à Leith, à dix heures du soir. A dix heures, mon aiguille horizontale n'offrit rien d'extraordinaire; mais comme elle était notablement dérangée le matin, j'avais pensé que les jets lumineux observés le soir en Écosse étaient les dernières lueurs d'une aurore boréale du jour. Il faudrait citer toute une page de mon critique pour montrer combien cette hypothèse lui inspire de dédain. Elle est donnée comme un échantillon de ma manière de raisonner (*M. Arago's*

mode of reasoning) ; comme un exemple de la défiance que les faiseurs de théories doivent inspirer. Je suis sûr que mon critique s'est laissé aller à un sentiment de pitié, en songeant à toute la confusion dont il m'accablait. Cela ne l'empêche pas cependant de s'écrier, et c'est ici, comme on dit, le coup de grâce. Si l'aurore de dix heures était la suite d'une aurore boréale du jour, pourquoi ne l'a-t-on pas vue à Leith entre sept heures et dix heures? Dans tous les cas, pourquoi n'a-t-elle pas dérangé l'aiguille dans la soirée du 17 août?

Sur le premier point, me permettra-t-on de répondre très-humblement qu'à sept heures, le 17 août, le soleil n'est pas encore couché à Leith; qu'à ce coucher succède un vif crépuscule suffisant pour masquer pendant assez longtemps les rayons d'une aurore boréale ordinaire; qu'en tout cas rien ne m'assure que le ciel était serein au nord avant l'époque de l'observation; qu'enfin il ne serait pas impossible que le météorologiste de Leith n'eût mis la tête à la fenêtre qu'à dix heures du soir; car, si je ne me trompe, il dit : « J'ai vu une aurore boréale à dix heures » et non pas « une aurore a commencé à se former à dix heures. » Faut-il, en outre, qu'un Roussillonnais apprenne à un Scotman, né et élevé au milieu des Northern lights, qu'une aurore boréale n'a pas constamment le même éclat pendant toute la durée de son apparition; qu'elle s'affaiblit quelquefois durant des heures entières, au point de devenir presque invisible, et qu'ensuite elle se ravive subitement. J'attendrai qu'on m'ait prouvé qu'aucune de ces circonstances n'a eu lieu le 17 août, avant de faire amende honorable sur mon *mode of reasoning*.

On se flatte d'avoir entièrement renversé (*entirely overturn*) mes conclusions par cette remarque qu'à dix heures, le 17 août, pendant que l'aurore était visible à Leith, l'aiguille de Paris occupait sa position habituelle; mais on combat ici un fantôme. J'ai dit et je maintiens qu'une forte aurore boréale amène toujours ou presque toujours une déviation accidentelle dans l'aiguille horizontale de Paris; mais je n'ai jamais soutenu qu'il y ait dérangement pendant tout le temps que dure l'aurore. Les perturbations que ce phénomène occasionne étant tantôt orientales et tantôt occidentales, il est évident, au contraire, qu'en passant d'une de ces positions à l'autre, l'aiguille se trouve dans sa direction habituelle, et que l'observateur qui l'examinerait seulement alors, ne soupçonnerait pas l'existence d'une cause perturbatrice. J'imagine que mon critique daignera nous dire si cette simple remarque n'*overturn* pas sa foudroyante objection.

Passons maintenant aux prédictions qui ne se sont pas réalisées. J'avais annoncé que, d'après les indications de mon aiguille, on aurait dû voir au nord des aurores boréales, dans la nuit du 21 août 1825, dans la matinée du 22, pendant la nuit du 26 et particulièrement durant celle du 29. Mon critique a consulté l'observateur de Leith, et il déclare que, le 21 août, quoiqu'il fît beau, et surtout le 26, il n'y eut pas d'aurore boréale. Le 29, le ciel n'était point favorable; ainsi de compte fait, trois de mes prédictions se sont trouvées fausses. Que deviendront, s'écrie-t-on, en présence de ces faits, les conclusions balayantes (*sweeping conclusions*) de M. Arago?

Ces conclusions ne courront pas de grands risques

quand j'aurai rectifié une faute de traduction, sans aucun doute involontaire, que je remarque dans les Mémoires de mon critique. J'avais cru, je ne saurais dire aujourd'hui sur quels fondements, que le ciel était couvert à Leith le 21, le 22, le 26 et le 29 août; je n'espérais donc pas que ces jours-là on eût pu y observer des aurores boréales; aussi, en publiant mon annonce, j'avais dit : « Si par un temps serein, des observateurs situés plus au nord (au nord de Leith) n'ont pas vu d'aurore boréale, par exemple dans la nuit du 29 août, je serai forcé d'admettre qu'il existe d'autres causes encore inconnues, qui exercent sur la marche de l'aiguille aimantée une influence considérable. »

Sous la plume de mon critique, ce passage s'est ainsi transformé : « Si le ciel n'a pas été couvert à Leith, et si les observateurs de cette ville (*the observers there*) n'ont pas vu d'aurore, etc., etc. »

Il est de fort bonne guerre de confondre les auteurs par leurs propres paroles; mais la stricte justice exige alors, plus que jamais, qu'on les rapporte exactement. Si je m'étais mis, comme mon critique me le fait dire par erreur, à la discrétion du météorologiste de Leith, je n'aurais maintenant qu'à me taire, puisqu'il déclare qu'il ne s'est montré d'aurore boréale ni le 21, ni le 22, ni le 26 août; mais j'ai invoqué le témoignage des observateurs, quels qu'ils fussent, situés au nord; or ces observateurs ont répondu, par l'organe de M. Hansteen, ami particulier de mon critique; ils ont déclaré avoir vu des aurores boréales à la fin d'août. Le célèbre professeur de Christiania croit même pouvoir affirmer que ce phénomène s'est montré les 21, 22, 23 et 26 août; que m'importe à pré-

sent qu'on n'ait rien vu à Leith? Je n'énumérerai pas toutes les causes qui peuvent avoir amené ce résultat négatif; je m'en tiens à l'observation positive du correspondant de M. Hansteen; elle prouve irrévocablement qu'à la fin d'août 1825, mon aiguille n'a pas été mensongère. Puisque me voilà réhabilité comme prophète, je me hasarderai à faire une nouvelle prédiction, et je suis sûr qu'elle se réalisera : j'annonce donc que mon critique s'abstiendra de communiquer mes réponses catégoriques aux lecteurs de son journal, malgré tout le tort qu'il fera ainsi au monopole dont je suis en possession.

Après la critique de mes observations, on s'écrie en passant à celles de MM. Parry et Foster : « Nous voici maintenant arrivé à une période de saines recherches (*sound inquiry*), à une époque où l'aiguille aimantée et l'aurore boréale étaient observées en même temps, sur le même horizon, et par des hommes qui n'avaient aucune hypothèse à faire prévaloir, etc., etc. »

Je m'abstiens de toute remarque sur les deux mots soulignés; puisque mon critique a imaginé que mes recherches n'étaient point saines, il a bien fait de le dire; il aurait mieux fait sans doute de le prouver; mais je ne suis pas si exigeant. Quand j'ai cité tout ce passage, j'ai voulu seulement qu'on pût mettre ces deux mots en regard des paroles doucereuses par lesquelles on avait débuté. On ne trouvera pas en effet sans étonnement que mon critique promettait, dansles premières lignes de son article, que la discussion serait candide et modérée (*candid and moderate discussion*); mais, comme dit le poëte :

Chassez le naturel, il revient au galop.

L'aiguille d'inclinaison ne mérite pas moins d'attention que l'aiguille horizontale ; mais, à cause de son mode de suspension beaucoup plus imparfait, personne jusqu'ici n'était parvenu à reconnaître bien nettement si sa position éprouve des changements diurnes. Cette recherche m'a semblé assez curieuse pour motiver de nouvelles tentatives. Après divers essais infructueux, je suis enfin parvenu à déterminer les changements journaliers de l'inclinaison, non pas seulement par des moyennes mensuelles, mais à l'aide des observations de chaque jour. Ce résultat m'a fourni la possibilité de reconnaître que la variation diurne d'intensité, déterminée à l'aide des oscillations d'une aiguille horizontale, ne dépend pas tout entière des changements dans l'inclinaison ; que ces changements devaient être plus grands que l'observation ne les donne pour tout expliquer, et qu'ainsi l'intensité absolue du magnétisme terrestre éprouve elle-même des variations à peu près régulières toutes les vingt-quatre heures. Voilà, en abrégé, l'analyse du travail auquel je me suis livré. Il se compose de plus que quatre-vingt mille observations. Toutes les fois que des affaires m'ont forcé de m'absenter, plusieurs de mes amis ont eu la complaisance de me remplacer. Je voudrais bien leur en témoigner ici ma reconnaissance ; mais ne dois-je pas attendre pour cela que la critique ait bien voulu reconnaître qu'elle a jugé sans voir et sans entendre. Pour ce qui me concerne, je déclare sans hésiter, quoique cela ne soit peut-être pas poli, que les décisions tranchantes du critique n'ont effleuré ni ma conviction, ni mon amour-propre ; ainsi, jusqu'à nouvel ordre, j'assume sur moi seul toute responsabilité, soit à

l'égard des conséquences que les observations m'ont paru autoriser, soit en ce qui concerne la direction peu saine que j'ai donnée à l'ensemble du travail. Je reprends, après cette courte digression, l'examen du Mémoire de mon célèbre critique.

Il avait sans doute un vague pressentiment de la faiblesse des objections que j'ai combattues, car il cherche à la fin de son écrit à trancher par des autorités la difficulté qui nous divise. Suivant lui, les physiciens, de quelque pays qu'ils soient, ne peuvent plus admettre une action des aurores boréales sur les aiguilles aimantées, depuis que la Société royale de Londres a décerné, en 1827, la médaille de Copley au lieutenant Foster; depuis surtout que M. Davies Gilbert, successeur de sir Humphry Davy dans la présidence de la Société royale, a rangé au nombre des plus importants résultats obtenus par l'habile navigateur dont je viens de parler, la réfutation « d'une prétendue connexion entre les agitations de l'aiguille et les aurores boréales! » (*Voyez* le Discours d'ouverture de l'année 1828.)

Personne au monde n'a pour la Société royale une admiration plus sincère que celle dont j'ai toujours fait publiquement profession. Ce sentiment, je l'avais puisé dans la lecture des *Transactions philosophiques*, longtemps avant que ce corps illustre daignât m'admettre au nombre de ses membres. En m'accordant spontanément, en 1825, la médaille de Copley; en appelant ainsi l'attention des physiciens sur les phénomènes du magnétisme en mouvement que je venais de découvrir, la Société m'a imposé un devoir bien doux, celui de la plus vive recon-

naissance. On a compté, je présume, sur les embarras de cette position. On a pensé que si je repoussais ces arguments de la critique, je ne pourrais pas, du moins, sous peine d'ingratitude, me dispenser de souscrire aux décisions d'une compagnie qui m'a donné de telles marques de bienveillance; mais, je m'empresse de le dire, on s'est complétement trompé. Je me croirais vraiment indigne de toutes les faveurs dont j'ai été l'objet, si dans une question de science je faisais, en aucune manière, la part des considérations personnelles; si j'examinais d'où émanent les arguments plutôt que ce qu'ils valent, si surtout je cédais à des décisions dénuées de preuves. Comment n'a-t-on pas songé qu'en devenant membre de la Société royale, j'avais dû me pénétrer de sa propre devise : *Nullius in verba.* J'aborde donc franchement cette partie du Mémoire dans laquelle, à l'abri des imposantes autorités dont il s'enveloppait, mon savant critique se croyait inattaquable.

A mon avis, la Société royale n'a fait qu'un acte de la plus haute justice, en couronnant le Mémoire de M. Foster. La multitude d'observations que cet infatigable navigateur a recueillies, les difficultés dont elles étaient entourées, la petite distance qui séparait les diverses stations du pôle magnétique, font de ce travail une des plus précieuses acquisitions dont la science se soit enrichie depuis longtemps. On ne demandera pas, j'espère, une déclaration plus franche, plus explicite. Examinons maintenant à quel point elle a compromis ma cause.

Je suppose pour un instant que les aurores boréales, comme l'annonce M. Foster, n'aient aucune influence sur

l'aiguille aimantée au port Bowen. Ce fait sera sans doute très-curieux; mais qu'en pourra-t-on déduire contre les observations de Paris? De ce qu'en aucune saison on n'entend le tonnerre près du pôle, faudrait-il en conclure qu'il ne gronde jamais en France? Cette comparaison choquera mon critique, j'en suis sûr; mais, en y réfléchissant bien, il verra que je la cite seulement parce qu'elle fait toucher au doigt le vice de son raisonnement, parce qu'elle montre qu'un fait météorologique peut n'être vrai que dans le lieu où il s'est présenté. Je l'entends toutefois m'accuser d'avoir oublié que MM. Parry et Foster « vivaient précisément au milieu des rayons des aurores boréales » (*lived among the very beams of the northern lights*). Or, comment admettre qu'une aurore agisse de loin quand elle ne produit aucun effet de près? Je réponds qu'on ignore comment cette action s'exerce; qu'il n'est pas impossible que la valeur de l'inclinaison y joue un grand rôle, et que, là où la résultante du magnétisme terrestre est presque verticale, la force perturbatrice devienne insensible, surtout si l'aurore a quelque tendance, comme au port Bowen, à se montrer simultanément sur tous les points de l'horizon. Généraliser dans de telles circonstances, appliquer au 49ᵉ degré de latitude ce qu'on a observé sous le 73ᵉ, c'est évidemment bâtir sur le sable.

J'irai plus loin, maintenant, et j'établirai, je crois, sans beaucoup de peine, que les observations de Foster ne prouvent pas qu'il y ait au nord, durant les aurores boréales, de moindres dérangements de l'aiguille aimantée qu'à Paris.

A Paris, des changements accidentels de direction de

3 ou 4′ de degré doivent frapper l'observateur le moins attentif; des perturbations de 10′, de 15′, de 20′, lui paraîtront énormes, et elles le sont, en effet, eu égard aux déviations habituelles. Il n'en est pas ainsi au port Bowen, où les déclinaisons d'un jour et celles du lendemain, aux mêmes heures, sont ordinairement très-différentes. J'en citerai un exemple, et je le prends au hasard :

	Heure.	Position de l'aiguille.
Le 22 janvier.......	1h 1m	0° 31′ ouest.
23 —	1 10	1 26 *Id.*
24 —	1 8	0 10 *Id.*
25 —	1 3	0 40 *Id.*
26 —	1 9	1 6 *Id.*
27 —	1 2	0 52 *Id.*
28 —	1 7	0 19 *Id.*
29 —	1 4	0 20 est.
30 —	1 21	0 2 ouest.

Que doit-on adopter dans une série de nombres aussi discordants pour la marche régulière de l'aiguille? Lorsque habituellement, du jour au lendemain, les résultats partiels diffèrent entre eux de plus d'un demi-degré, comment distinguerait-on les anomalies accidentelles produites par les aurores boréales, surtout si elles ne s'élevaient, comme à Paris, qu'à 10, 12 ou 15′? Il me semble évident, d'après cela, que si Parry et Foster ont cru que l'aurore boréale ne produisait pas d'effet dans les régions arctiques, c'est uniquement parce qu'ils avaient supposé l'influence beaucoup plus forte qu'elle ne l'est réellement. Le port Bowen est une station peu favorable pour ce genre de recherches. Il resterait donc à mon critique la décision de la Société royale, telle qu'elle se trouve consignée dans la phrase que j'ai rapportée; or,

j'ai consulté à ce sujet un des membres les plus célèbres du comité, et j'ai appris ainsi que rien n'y avait été décidé, ni même débattu concernant l'action des aurores boréales. Les conséquences que Foster a tirées de ses observations reposent donc sur sa seule autorité. La Société royale ne les a admises ni rejetées. Les paroles consignés dans le discours de son honorable président ont pu paraître un peu trop positives; mais il faut les considérer seulement, et alors tout s'explique, comme l'énoncé d'une opinion empruntée à l'auteur couronné; or, j'ai indiqué déjà quelles circonstances ont dû amener Foster, malgré son mérite distingué, à des conclusions que ses tableaux ne motivaient pas suffisamment.

J'ai écrit ces diverses remarques pendant une course en Suisse, au fur et à mesure de la lecture que je faisais du Mémoire du savant d'Edinburgh. J'attachais, je l'avoue, quelque importance à éclaircir une question curieuse, et sur laquelle, ce me semble, on essayait de faire rétrograder la science. Cependant j'ai été au moment de supprimer tout à fait ma réponse, lorsque, en arrivant à certain passage dont je vais m'occuper, il m'a paru évident que mon critique n'avait pas (c'est une mésaventure habituelle aux critiques) la plus légère idée de la nature des phénomènes qui ont amené cette discussion. Ce passage, le voici :

« Le lieutenant Foster a donné un extrait des variations diurnes d'une de ses aiguilles, pour les mois de janvier, février, mars, avril et mai 1825. Dans une colonne est la valeur de la variation diurne; dans une autre, toutes les aurores boréales qui ont été visibles sont indiquées, en

sorte qu'on peut comparer l'oscillation moyenne de l'aiguille correspondante aux époques où il n'y avait pas d'aurore boréale, avec celle d'une période durant laquelle beaucoup d'aurores furent visibles, et obtenir ainsi les effets réunis de groupes de ces mouvements (*and thus obtain the united effects of group of these motions*[1]).

« Le tableau suivant mettra ceci dans tout son jour.

	Nombre d'aurores visibles.	Valeur moyenne des variations diurnes.	Moyennes.
Janvier.....	14	1° 37′ 30″	1° 37′ 15″
Février.....	14	1 38 0	
Mars.......	2	2 14 30	2 14 30
Avril.......	0	2 52 44	3 18 42
Mai........	0	3 44 39	

« Ces comparaisons, que Foster semble n'avoir pas aperçues, présentent un résultat très-curieux. *Au lieu d'exercer une influence troublante* (disturbing), *l'aurore, dans les régions arctiques, paraît exercer une influence sédative sur l'aiguille*[2]. »

Je ne sais vraiment par où commencer l'énumération de toutes les singularités (j'efface par politesse le mot bévues) que mon critique a trouvé le secret de renfermer en si peu de lignes! Comme il faut cependant faire un choix, je demanderai d'abord si, en jugeant du nombre comparatif d'aurores boréales des mois d'hiver et du prin-

1. Je rapporte ici ce membre de phrase en anglais, parce que je ne suis pas certain de l'avoir bien entendu; au reste, on verra qu'il est sans importance.

2. Mon critique lui-même a mis cette phrase en italique. La conséquence *non aperçue par* M. Foster, et dont par cette remarque, on se déclare l'inventeur, n'aurait pas produit assez d'effet en caractères ordinaires.

temps par le nombre de celles qu'on a aperçues, on n'a pas raisonné précisément comme celui qui soutiendrait qu'en plein jour il y a sur l'horizon moins d'étoiles que la nuit; car, au port Bowen, la nuit dure vingt-quatre heures entières dans les mois de janvier et de février, tandis que le soleil se couche à peine dans les mois d'avril et de mai. Si je passe ensuite au prétendu pouvoir sédatif, n'y verrons-nous pas une action aussi réelle que celle dont on contestait l'existence? Comment, en admettant ce pouvoir, n'a-t-on pas vu qu'on aurait, comme moi, à s'expliquer non-seulement avec M. Foster, qui nie positivement toute influence, mais encore avec la Société royale, puisque, suivant mon critique, elle a adopté l'opinion de l'habile navigateur? Les observations qu'attaque le savant écossais prétendent qu'un jour d'aurore, l'aiguille aimantée, à certaines heures de la journée, marque des déclinaisons très-différentes de celles qu'on trouve aux mêmes heures les jours où ce phénomène ne se montre point. Ces déclinaisons anomales sont tantôt plus grandes et tantôt plus petites que les déclinaisons ordinaires. Suivant mon critique, si je comprends bien son pouvoir sédatif, l'aiguille s'arrêterait dans la position où l'aurore l'aurait surprise, et les variations diurnes, ces jours-là, seraient constamment inférieures aux variations ordinaires; mais la perturbation, pour s'exercer toujours de cette manière, n'en existerait pas moins. C'était bien la peine, quand on devait arriver à ce résultat, d'intituler le Mémoire qui devait me critiquer : *De la Prétendue influence des aurores boréales.*

Au reste, le calcul que fait mon critique, et dont le

capitaine Foster, comme il a soin de le remarquer, ne s'était pas avisé, n'a aucun sens raisonnable. Voici comment j'essaierai de le prouver.

Je prendrai toutes les observations thermométriques faites au port Bowen. J'en déduirai les variations diurnes moyennes de la température pour les mois de janvier, février, mars et avril. Après les avoir rangés sur une colonne verticale, j'inscrirai en regard les nombres correspondants d'aurores boréales observées dans les mêmes mois. Alors je pourrai remarquer d'un coup d'œil qu'en janvier et février la variation diurne du thermomètre était très-petite, et qu'il y avait une aurore boréale de deux jours l'un; qu'en mars et avril, au contraire, la température changeait beaucoup dans les vingt-quatre heures, et que l'aurore boréale avait à peu près cessé. Qui m'empêcherait, si mon critique a raisonné juste, de soutenir à mon tour que l'aurore boréale a un pouvoir sédatif sur le thermomètre? Dans le cas où cette comparaison ne plairait pas au savant secrétaire de la Société d'Edinburgh, j'en trouverais aisément une autre : je dirais, par exemple, s'il le veut, qu'à Brest, en 1825, les marées de janvier et de février ont été plus petites que celles de mars et d'avril, à cause de l'action sédative que les aurores boréales des deux premiers mois ont exercée sur les eaux de l'Océan. Qui m'empêcherait de soutenir également qu'elles ont influé sur la hauteur du baromètre, et même, au besoin, sur la distance du soleil à la terre? J'entends mon critique se récrier et déclarer que tout ceci est absurde. Quant à moi, j'en conviendrai volontiers, mais lui doit y prendre garde, car il prononcerait ainsi sa propre con-

damnation. Qu'ai-je changé, en effet, à son raisonnement, si ce n'est de substituer les mots variations du thermomètre, variations des marées, variations du baromètre, variations de la distance du soleil, aux mots de variations diurnes de la déclinaison de l'aiguille aimantée? Mes résultats ne mériteraient ni plus ni moins de croyance que celui qu'il a présenté comme une découverte dont Foster avait eu la maladresse de réunir tous les éléments sans la faire.

La circonstance sur laquelle mon critique a fondé sa prétendue découverte n'appartient exclusivement ni au port Bowen, ni à l'année 1825. On l'observe en tout lieu et en tout temps. Qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas d'aurore boréale, la variation diurne moyenne de l'aiguille aimantée est *constamment* plus petite dans les mois froids que dans les mois chauds. Les régions arctiques et les régions tempérées se ressemblent à cet égard parfaitement. Il n'est pas même nécessaire d'avoir recours aux moyennes mensuelles pour trouver ce résultat : dans nos climats, les observations journalières, considérées isolément, le font ressortir avec évidence. Les aurores boréales, phénomène accidentel, n'influent sur cette marche générale que pour la troubler quelquefois; mais comme elles dévient l'aiguille tantôt d'un côté et tantôt de l'autre, il reste à peine dans les moyennes mensuelles quelques traces de leur action. Ce sont là les premiers éléments de la question : tous les traités de physique en font foi. Par quelle étrange circonstance mon savant critique les ignore-t-il? Comment, en tout cas, n'a-t-il pas remarqué, dans son propre tableau, que les variations diurnes d'avril et de mai diffèrent beau-

coup entre elles, quoique le pouvoir sédatif n'ait dû agir ni l'un ni l'autre de ces mois? Comment, surtout, n'a-t-il point vu qu'un phénomène de tous les jours ne pouvait pas être attribué à une cause variable et accidentelle? Je concevrais, à toute rigueur, qu'on eût comparé la variation diurne des quatorze jours de janvier durant lesquels l'aurore se montra, aux variations diurnes des dix-sept jours du même mois sans aurore; mais attribuer à ce phénomène lumineux la différence des variations qu'on observe dans les mois de janvier et d'avril, c'est, à mes yeux, une telle méprise que je ne voudrais pas avoir à en répondre devant le public, même au prix de la plus belle découverte de mon critique. Quant à lui, comme il a parfaitement le sentiment de son propre mérite, il pourra se consoler en se rappelant qu'Homère sommeillait aussi quelquefois.

Du reste, je dois dire que je ne suis pas resté longtemps le seul observateur qui ait constaté l'influence des aurores boréales sur les aimants.

En 1824, dans son voyage à la baie d'Hudson, sur le *Griper*, le capitaine Lyon a remarqué que les aiguilles de ses boussoles marines étaient vivement agitées durant les aurores boréales, même lorsque leur force directrice avait presque entièrement disparu (*Brief Narrative*, p. 167).

Ma découverte sur les aurores boréales n'a pas été seulement contestée; elle a subi le sort de toutes les découvertes : on a voulu m'en ôter une partie du mérite. C'est ce qui est arrivé à la suite de la Note que je publiai en 1825, dans les *Annales de Physique*, relativement à l'influence que diverses aurores boréales observées au nord de

l'Écosse avaient exercée à Paris sur la position de l'aiguille aimantée. M. Hansteen m'a fait l'honneur de soumettre cette Note à un examen critique dont je vais reproduire les principaux traits.

L'habile physicien de Christiania dit d'abord que ma remarque sur l'action qu'exercent les aurores boréales dans les lieux où elles ne se montrent pas, n'est pas entièrement neuve (*is not entirely new*); il pense cependant qu'elle a un grand intérêt (*great interest*), parce qu'elle montre que le météore, en cela fort différent de la pluie, du tonnerre, etc., etc., n'est pas le résultat d'une action qui s'exercerait seulement sur une petite étendue de l'atmosphère, mais bien l'effet d'un dérangement d'équilibre dans le système tout entier des forces magnétiques du globe.

Pour prouver que ma remarque n'est pas entièrement neuve, l'auteur cite alors des observations faites le 5 avril 1741 par Celsius à Upsal, et par Graham à Londres. Celsius aperçut, ce jour-là, une aurore boréale, pendant que son aiguille horizontale était dérangée; Graham vit une perturbation pareille à Londres, mais il ne fait mention d'aucune aurore boréale [1].

1. Quand j'annonçai en 1825 que les aurores boréales agissent sur l'aiguille aimantée, même dans les lieux où elles ne se montrent pas, je m'abstins de rien affirmer sur la nouveauté de cette observation, quoique je ne l'eusse point trouvée dans les nombreux Mémoires que j'avais consultés. En lisant les premières phrases de l'écrit de M. Hansteen, je dus m'applaudir de ma réserve. J'avoue même que je n'attachai d'abord aucune importance aux deux mots, *entirely new*, qu'on y trouve; je les regardai comme une simple politesse : il est clair, en effet, qu'une assertion de la nature de celle que j'avais publiée ne peut pas être neuve à moitié; aussi

J'avais indiqué les jours où l'aiguille fut notablement dérangée à Paris en 1825, sans qu'on eût observé d'aurore boréale à Édinburgh; M. Hansteen a cherché dans ses journaux météorologiques si, plus au nord, à Christiania, ce météore ne se serait pas montré, et il trouve que :

j'étais bien résolu à me désister, à ce sujet, de toute espèce de prétention, à rendre une entière justice au premier auteur de la remarque, à ne présenter désormais mes observations qu'à titre de confirmation; mais en examinant bientôt après les preuves dont M. Hansteen appuie sa thèse, j'ai reconnu que je n'avais lésé les droits de personne et qu'il n'y a lieu de ma part à aucune réparation. L'observation faite à Londres par M. Graham est complétement insignifiante, puisque ce physicien ne dit pas s'il y avait ou s'il n'y avait pas d'aurore boréale visible; puisqu'il n'est pas prouvé qu'il ait cherché à s'en assurer; puisque tout annonce qu'il n'était pas instruit de la liaison de ce phénomène avec les mouvements de l'aiguille aimantée. En y réfléchissant, M. Hansteen me permettra d'ajouter, qu'alors même qu'on lirait tous ces détails dans la Note de M. Graham, on n'en pourrait tirer légitimement aucune conséquence relativement à l'action qu'exercent, suivant moi, les aurores boréales invisibles. Il est, en effet, bien établi, par une multitude d'observations, qu'une aurore qui se montre dans un lieu donné y laisse souvent l'aiguille aimantée dérangée, après qu'elle a cessé de luire : or, puisque le 5 avril 1741, l'aiguille était, dans le jour, considérablement affolée à Londres, tout doit porter à croire qu'il y avait alors sur l'horizon une aurore boréale que la lumière atmosphérique empêcha d'apercevoir, et dont les oscillations de l'aiguille, la nuit, furent la suite. Cette conjecture paraîtra d'autant plus naturelle qu'à Stockholm même Celsius n'aperçut, le 5 avril, à nuit close, que de faibles traces d'une aurore boréale qui finissait. Pour prouver sans réplique l'influence des aurores boréales invisibles, il faut donc qu'en un lieu donné, à Paris, si l'on veut, « un certain jour, le ciel étant parfaitement serein, l'aiguille aimantée ait marché régulièrement jusqu'à la nuit; qu'alors, et seulement alors, elle se soit notablement dérangée; que l'observateur ait cherché scrupuleusement et sans succès des traces de l'aurore boréale, et que dans une station située beaucoup plus au nord ce phénomène se soit montré. » La réunion de toutes ces circonstances a eu lieu si fréquemment pendant mes observations,

Le 13 [1] mars, le ciel était couvert : l'aurore ne pouvait donc pas être aperçue.

Les 30 et 31, le ciel était serein, et le journal ne signale cependant aucune aurore; mais la fenêtre par laquelle M. Hansteen observa l'état du ciel n'était pas du côté du nord. Près de Drontheim, où il y a un observateur, il tombait de la neige les 30 et 31 mars et le 1er avril.

Le 21 avril, ciel entièrement couvert à Christiania. (Je n'ai pas parlé du 21 avril; j'ignore à quel propos M. Hansteen le cite.)

Les 19 et 21 août, les circonstances atmosphériques n'auraient pas permis de voir une aurore boréale dans les lieux qu'habitent les correspondants de M. Hansteen.

Le 25 août [2], à onze heures quarante minutes, une aurore boréale se montrait à Christiania et à Hardenger. Le journal de M. Holmbœ porte que l'aurore brilla plusieurs fois dans les derniers jours du mois d'août; mais les vraies dates n'y sont pas. M. Hansteen pense qu'il est très-probable que ces dates sont les 21, 22 et 23 août; que dès lors on n'est pas obligé d'admettre avec M. Arago « qu'il

que je n'ai pas dû hésiter à soumettre aux physiciens le fait qui en découle, et dont M. Hansteen, par cette discussion, m'aura rendu le service de faire ressortir la nouveauté. Si, au lieu d'éclaircir la question à l'aide d'arguments puisés dans la nature même des choses, j'avais voulu me contenter de répondre à la critique du savant professeur norvégien, il m'aurait suffi de remarquer qu'en analysant dans son grand ouvrage les observations de Celsius et de Graham, il n'a fait aucune mention de la conséquence qu'il en a déduite depuis la publication de ma Note.

1. Je pense qu'il faut lire le 19. Je n'ai rien dit du 13 dans la Note des *Annales*.

2. N'est-ce pas le 26 qu'il faut lire?

existe des causes inconnues (autres que les aurores boréales) qui agissent sur l'aiguille magnétique [1]. »

Le 10 septembre, aurore boréale très-brillante à Christiania.

Le 7 octobre, temps couvert.

Les 3 ou 4 novembre, aurore boréale à Bergen.

Le 22 novembre, ciel clair à Christiania; cependant le journal météorologique ne signale aucune aurore. (Une aurore a été vue à Leith.)

Le 26 août, M. Hansteen étant près de Bornéo en Laponie, son aiguille horizontale, à neuf heures trois quarts du soir, fit 300 oscillations en 887 secondes, tandis que, ordinairement, il ne fallait que 881 secondes. « Cette irrégularité, dit M. Hansteen, ayant coïncidé avec la variation de déclinaison observée par M. Arago à Paris, montre que les influences des aurores embrassent de très-grandes étendues de pays, et que les changements de direction coïncident avec des changements d'intensité [2]. »

1. Si je pouvais supposer que la traduction du Mémoire de M. Hansteen a été correctement imprimée dans le journal anglais où je l'ai trouvée, je ferais remarquer que le savant physicien norvégien me prête ici fort gratuitement une opinion que je n'ai point énoncée. Voici ma proposition : « La marche de l'aiguille, le 29 août 1825, ayant offert à Paris les plus fortes anomalies, si, par un temps serein, les observateurs du nord n'ont pas vu d'aurore boréale, on sera forcé d'admettre qu'il existe d'autres causes, encore inconnues, qui exercent aussi sur la marche de l'aiguille aimantée une influence considérable, je n'ai pas dit que j'admettais de telles causes : j'ai montré dans quelles circonstances M. Hansteen, tout comme un autre, serait forcé d'y recourir.

2. Ce résultat est exact, mais les observations de M. Hansteen ne le démontrent pas. J'ai reconnu, en effet, que l'aiguille d'inclinaison change tout aussi bien de position par l'action des aurores boréales, que l'aiguille horizontale. Les oscillations de celles-ci varieraient

CHAPITRE XI.

ACTION EXERCÉE PAR LES TREMBLEMENTS DE TERRE SUR L'AIGUILLE AIMANTÉE.

Quoique j'aie bien démontré l'influence exercée par les aurores boréales sur l'aiguille aimantée, je n'ai pas conclu de mes recherches que toutes les variations irrégulières que présenterait une boussole seraient dues à l'apparition d'une aurore sous une latitude quelconque. Bien loin de là, j'ai fait voir que les tremblements de terre produisaient des oscillations spéciales sur l'aiguille des variations diurnes.

Les journaux ont annoncé qu'un fort tremblement de terre s'est fait sentir, le 19 février 1822, en Auvergne, à Lyon et en Suisse. La secousse s'est étendue jusqu'à Paris; elle s'y est fait sentir le matin, à huit heures trois quarts (temps vrai), ou peu de minutes auparavant et sa direction coïncidait à fort peu près avec celle du méridien magnétique.

Voici l'extrait du registre des observations des variations diurnes de l'aiguille de déclinaison pour le 19 février 1822:

« A huit heures du matin, l'aiguille paraissait parfaitement tranquille, même sous le microscope.

« A huit heures un quart du matin, circonstances toutes

donc de durée alors même que l'intensité resterait constante. Ce n'est qu'après avoir corrigé cette durée des effets que les changements d'inclinaison produisent, qu'on peut en déduire les intensités correspondantes à diverses heures et à différents jours.

pareilles : l'extrémité nord s'est seulement rapprochée du méridien terrestre de quelques secondes.

« Huit heures et demie, l'aiguille est toujours fort tranquille. La marche de la pointe nord vers le méridien a cessé ; l'aiguille est maintenant au *minimum* de déclinaison.

« Huit heures trois quarts. Il n'y a point eu, à cette heure, d'observation proprement dite, ou, en d'autres termes, d'indication en nombre de la place du microscope ; mais voici ce que j'avais écrit sur le registre : « L'aiguille de la boussole est très-agitée. » J'ajouterai même que rien de semblable ne s'était présenté depuis que nous observons à Paris les variations diurnes. Les mouvements sont si grands que le microscope n'est pas nécessaire pour les observer ; on les aperçoit parfaitement à l'œil nu. La circonstance qui rend ce dérangement remarquable, c'est que « les oscillations de l'aiguille se font exclusivement dans le sens de la longueur. » Je ne vois qu'un tremblement de terre qui ait pu donner lieu à un mouvement de cette espèce ; encore faut-il qu'il ait été exactement dirigé dans le sens du méridien magnétique, c'est-à-dire, dans une ligne formant avec le méridien terrestre un angle de 22° 1/4.

« Neuf heures, aiguille très-tranquille. La pointe nord n'a encore retrogradé vers l'ouest que de 6''.

« Neuf heures trente minutes, aiguille tranquille. Le mouvement vers l'ouest se continue, comme à l'ordinaire, graduellement et sans secousse.

« Le sens dans lequel les oscillations s'exécutaient à huit heures trois quarts a permis de reconnaître que l'axe de

l'aiguille était alors dans une position exactement moyenne entre les deux déclinaisons, d'ailleurs si peu différentes, observées à huit heures et demie et à neuf heures. Si l'électricité, comme on le suppose assez généralement, joue un rôle dans les tremblements de terre, on voit du moins que, dans celui du 19 février, elle a été sans effet sur la déclinaison de l'aiguille aimantée. »

J'ai rédigé cette note à l'instant même où les grands mouvements de l'aiguille se manifestaient. Ayant appris depuis que la secousse avait été assez forte à Paris pour que des personnes couchées dans leurs lits l'eussent ressentie, il m'a paru curieux de rechercher si la marche de l'horloge sidérale de l'Observatoire n'en aurait pas été affectée. Mais la table que voici montrera qu'à cet égard le tremblement de terre a été absolument sans effet. Les oscillations du pendule se font dans le plan du méridien.

Avance diurne de la pendule sidérale à l'Observatoire.

Du 15 au 16	février..............	0ˢ.48
Du 16 au 17	—	0 .50
Du 17 au 18	—	0 .45
Du 18 au 19	—	0 .40
Du 19 au 20	—	0 .47
Du 21 au 22	—	0 .40

M. Gay m'a transmis de Valdivia, sur la côte occidentale de l'Amérique du Sud, quelques détails sur une perturbation que l'aiguille aimantée éprouva à l'époque du terrible tremblement de terre de février 1836. Cette perturbation ne s'est pas renouvelée pendant les nombreuses secousses, fort petites il est vrai, qu'on a ressenties depuis. M. Gay a fait, pendant une année entière, des observations

de variations diurnes de l'aiguille aimantée horizontale. Suivant lui le phénomène n'a pas tout à fait la même marche qu'en Europe. « Au lieu, dit-il, de deux mouvements journaliers de va-et-vient j'en ai toujours obtenu trois : un le matin à l'est, l'autre au milieu de la journée à l'ouest, et l'autre le soir encore à l'est, ce dernier mouvement étant le complément de celui du matin ; les heures des maxima et des minima diffèrent un peu suivant les saisons, mais les anomalies sont tellement rares que je regarde le triple mouvement comme permanent dans ces contrées. La grande chaîne des Cordillères serait-elle la cause principale de cette constante irrégularité ? C'est ce que je ne puis croire et ce que néanmoins je compte vérifier dans un voyage que je ferai à Mendoza. »

CHAPITRE XII.

AURORES AUSTRALES.

Forster dit dans son ouvrage que personne avant Cook et lui n'avait parlé des aurores australes ; ils observèrent la première qu'ils aient aperçue, en 1773, par 58° à 60° de latitude sud.

Voici les dates de toutes les observations analogues : 18, 19, 20, 21 et 26 février, 15 et 16 mars 1773.

Il est assez bien établi, maintenant, qu'il y a autant d'aurores polaires vers l'hémisphère sud que dans les régions arctiques. Tout porte à penser que les apparitions des aurores australes et celles dont nous sommes témoins en Europe, suivent les mêmes lois. Cependant ce n'est là qu'une conjecture. Si une aurore australe se montrait aux

voyageurs sous la forme d'un arc, il serait donc important de noter exactement les orientations des points d'intersection de cet arc avec l'horizon, et, à leur défaut, l'orientation du point le plus élevé. En Europe, ce point le plus élevé paraît toujours situé dans le méridien magnétique du lieu où se trouve l'observateur.

De nombreuses recherches, faites à Paris, ont prouvé, comme le démontrent tous les faits cités dans cette Notice, que toutes les aurores boréales, voire celles qui ne s'élèvent pas au-dessus de notre horizon et dont nous ne connaissons l'existence que par les relations des observateurs situés dans les régions polaires, altèrent fortement la déclinaison de l'aiguille aimantée, l'inclinaison et l'intensité. Qui oserait donc arguer du grand éloignement des aurores australes, pour affirmer qu'aucune d'elles ne peut porter du trouble dans le magnétisme de notre hémisphère? En tous cas, l'attention que les voyageurs mettront à tenir une note exacte de ces phénomènes, pourra répandre quelques lumières sur la question.

Il faudrait que, dans les observatoires, on fît constamment des observations assez rapprochées pour qu'aucune perturbation ne pût passer inaperçue.

Si ma mémoire ne me trompe pas, parmi les météorologistes qui ont déjà recueilli bon nombre de descriptions d'aurores polaires observées dans l'hémisphère sud, personne, avant M. Lafond, n'avait vu ces lueurs atmosphériques au nord du zénith par la faible latitude de 45°. Sans ajouter pour le moment à cette remarque plus d'importance qu'il ne faut, je dirai qu'à l'époque des observations de M. Lafond, l'aiguille aimantée horizontale des varia-

tions diurnes de l'Observatoire de Paris avait une marche très-irrégulière, et je placerai ici la relation que m'a envoyée ce navigateur.

« Le 14 janvier 1831, dit-il, étant par la latitude 45° sud et par la longitude du centre de la Nouvelle-Hollande, nous vîmes une aurore australe. Les aurores vues dans l'hémisphère nord ayant été appelées boréales par les savants, il est naturel de donner le nom d'australes à celles qui sont vues dans l'hémisphère sud. Le siècle dernier, et sur leur de grandes discussions sur ces phénomènes il y a eu cause...

« Le 14 janvier, dans la position où se trouvait le navire, le soleil s'était couché à sept heures trente minutes, mais la nuit se fit seulement à neuf heures, et même longtemps après une grande clarté existait à l'horizon, et à quelques degrés au-dessus, dans la partie la plus sud du globe, par rapport à nous. A minuit et demi, des rayons de lumière parurent dans la partie du nord-est; ils commençaient à 30° au-dessus de l'horizon, et se dirigeaient vers notre zénith. A une heure, ces rayons devinrent beaucoup plus lumineux et plus brillants, et s'étendirent davantage vers le nord. A deux heures, ils étaient dans leur plus grand éclat et embrassaient toute la partie du ciel comprise entre le nord-nord-est et le nord-ouest du compas, depuis 20° au-dessus de l'horizon jusqu'à 10° ou 15° au delà de notre zénith.

« Le temps était clair, le ciel dégarni de nuages, et le vent frais venait du sud-ouest.

« Les rayons de la lumière que nous apercevions étaient formés par un brouillard ou des nuages unis, un peu

opaques; elle était plus vive et plus forte dans les endroits où le brouillard semblait le plus épais; là elle avait une couleur rose obscur qui venait se fondre, dans les intervalles, à un blanc et à un jaune pâle.

« Ces rayons vacillaient parfois, et l'on pouvait alors croire entendre un bruissement, qui n'était cependant que l'effet de la vue de ce mouvement sur l'imagination. Dans d'autres instants, ces rayons se mouvaient plus lentement et ressemblaient aux ondulations d'une mer profonde; enfin, pour donner une idée juste de ce spectacle par une comparaison qui, quoique vraie, peut paraître peu digne d'un effet si majestueux et si grandiose, que l'on se figure un vase rempli d'eau, placé dans une cour formée par de hautes murailles; si le soleil, dans un beau jour, éclaire la partie de la cour où est placé le vase, son image est alors réfléchie par l'eau qu'il contient, sur la muraille qui est dans l'ombre. Si vous remuez le vase, le liquide, mis en mouvement, réfléchira successivement les rayons du soleil dans toutes sortes de directions.

« La clarté que ces rayons répandaient était assez vive pour qu'on pût lire avec facilité une impression très-petite. Pour m'en convaincre, je fis apporter un volume in-8° de Firmin Didot, et mes officiers et moi nous nous passâmes le livre à plusieurs fois, et nous en lûmes tous sans peine quelques lignes.

« A trois heures du matin, ces rayons lumineux disparurent peu à peu, et ils furent remplacés par la clarté du jour naissant, qui commençait déjà à paraître dans toute la partie de l'est-sud-est.

« Le 15 et le 16, nous vîmes ces mêmes aurores, mais

elles ne durèrent pas aussi longtemps et ne furent pas aussi brillantes que le premier jour. »

CHAPITRE XIII.

SUR UNE DISPOSITION DES NUAGES QUI REPRODUIT CELLE QU'AFFECTENT LES RAYONS LUMINEUX DES AURORES BORÉALES.

Le dimanche 24 juin 1844, vers huit heures trente minutes du soir, le ciel étant entièrement couvert, on vit se dessiner à Paris, du côté du sud, sur une couche presque uniforme de nuages, un arc, en apparence circulaire, sombre, régulier et très-étendu qui, cependant, ne se continuait ni vers l'orient, ni vers l'occident, jusqu'à l'horizon. Cet arc devint de plus en plus noir et de plus en plus défini. Un arc blanchâtre se forma bientôt le long de la bordure intérieure de l'arc sombre, mais non dans toute son étendue.

Au-dessus et au-dessous de ce phénomène, les nuages semblaient éprouver une agitation singulière.

Les deux arcs, noir et blanc, toujours contigus, s'élevèrent graduellement au-dessus de l'horizon. Vers neuf heures, ils atteignaient le zénith, après s'être notablement affaiblis. Ensuite, ils disparurent.

Le point culminant de l'arc parut être dans un plan vertical formant avec le méridien, vers l'est, un angle d'environ 20°. Dès que cette circulation eut donné au phénomène un caractère magnétique, M. Laugier observa de minute en minute la boussole des variations diurnes : elle n'éprouva aucune perturbation.

On aperçut, sur divers points de l'air, des traces de polorisation qui, évidemment, ne provenaient pas de la

lumière de la lune. Il reste à rechercher si la lumière crépusculaire n'en était pas la cause.

Je dois faire remarquer que les observations faites dans le Nord ont souvent montré que les nuages prenaient la forme et la position des aurores boréales.

CHAPITRE XIV.

INCERTITUDE DE LA POLARISATION DE LA LUMIÈRE DES AURORES BORÉALES.

En dirigeant sur la lumière des aurores boréales le polariscope à lunules que j'ai décrit en 1815, j'ai vu des traces de polarisation. Mais cette simple observation ne m'autorisait pas à dire que le mystérieux phénomène se manifestait à nos yeux par de la lumière réfléchie. C'est cette conclusion qu'un physicien, M. Baudrimont, crut pouvoir tirer de l'observation de la lumière d'une aurore boréale visible à Paris le 22 octobre 1839, à dix heures un quart du soir.

Pour que cette conclusion eût été légitime, il aurait fallu s'assurer que les rayons provenant de la lune, réfléchis et dès lors polarisés sur les molécules de l'atmosphère terrestre; que ceux de ces rayons, disons-nous, qui se trouvaient inévitablement mêlés aux rayons de l'aurore dont on faisait l'analyse, n'étaient pas l'unique cause de la dissemblance des lunules observées dans mon polariscope ou des stries du polariscope Savart décrites par M. Baudrimont. Il aurait fallu aussi tenir compte des effets provenant des réflexions multiples que les rayons de l'aurore elle-même éprouvent dans l'atmosphère. Une détermina-

tion exacte du sens et l'intensité apparente de la polarisation dans divers azimuts, aurait pu trancher la difficulté; mais le temps manqua. Au surplus, les observations seront toujours plus décisives si elles n'ont pas été faites par le clair de lune. Il est présumable que les physiciens des expéditions scientifiques exécutées dans le Nord nous apporteront, sur ce point, quelque chose de décisif, puisque cette recherche leur fut spécialement recommandée par l'Académie au moment de leur départ.

J'ai fait remarquer, dans la lettre de M. Baudrimont, communiquée à l'Académie des Sciences, plusieurs passages qui ne sauraient se concilier avec les lois de la polorisation de la lumière, et, par exemple, une prétendue polarisation dans trois plans. Je supposais, au surplus, qu'il n'y avait, en réalité, dans les passages signalés, qu'une confusion apparente, qu'un simple manque de clarté.

M. Baudrimont a réclamé au sujet de mes remarques. M. Baudrimont trouve qu'elles « tendaient à faire croire qu'il a mal observé. » « J'ai dit, bien positivement, ajoute M. Baudrimont, que la lumière était polarisée dans trois plans qui allaient s'entre-couper en un même point... Peu m'importe que cela ne soit pas en harmonie avec les lois connues de la polarisation, etc., etc. »

Pouvais-je, moi qui aussi avais observé attentivement ce phénomène, me dispenser de faire remarquer que la lumière analysée était un composé de lumière de l'aurore et de la lumière, partiellement polarisée, qu'envoyaient en même temps à l'œil les régions de l'atmosphère éclairées par la lune et interposées entre l'aurore et l'observateur.

M. Baudrimont, qui paraissait n'avoir pas songé à cette circonstance importante, tirait de son observation, telle qu'il l'avait donnée, une conséquence évidemment illégitime. Il disait de la lumière de l'aurore qu'elle était polarisée; et, cependant, répétons-le encore, ce qu'il avait analysé avec le polariscope, qu'on me passe l'expression, n'était pas un corps simple, n'était pas la seule lumière de l'aurore, mais bien un mélange de cette lumière et d'une lumière atmosphérique qui étant, elle, polarisée, pouvait être l'unique cause des phénomènes observés. Si M. Baudrimont venait un jour nous dire que dans un ciel à peu près serein, la lumière des nuages isolés est polarisée, je lui demanderais de même, avec toute raison, comment il est parvenu à séparer cette lumière de celle des couches atmosphériques comprises entre le nuage et l'œil.

M. Baudrimont croit à une polarisation dans deux plans rectangulaires, lorsque pendant le mouvement de la rotation du polariscope, il lui est arrivé de voir, l'une après l'autre, deux séries de bandes qui, si elles existaient simultanément, se couperaient rectangulairement. Il faut donc que je dise à M. Baudrimont que les rayons polarisés dans un seul plan, donnent précisément ce même phénomène. C'est là un des principes élémentaires de l'optique à l'égard desquels il n'est permis à personne de dire : Peu m'importe.

CHAPITRE XV.

DE L'UTILITÉ DES CATALOGUES D'AURORES BORÉALES.

Mairan a prouvé que les aurores boréales ne sont pas toujours également fréquentes, et qu'on est quelquefois de

longs intervalles de temps sans en voir, non-seulement dans la zone tempérée, mais encore en Suède et en Norvége. Suivant le même auteur, les apparitions de ces phénomènes sont deux fois plus nombreuses au moins quand le soleil est au périhélie que lorsqu'il se trouve dans la partie de son orbite la plus éloignée de la terre. Il pourra être curieux de rechercher un jour s'il existe quelque liaison entre les cessations ou les reprises des aurores et d'autres phénomènes naturels; c'est afin de faciliter de pareilles recherches que nous avons résolu de dresser un catalogue des aurores boréales dont nous pourrions avoir connaissance. Nous avons rapproché des récits des voyageurs ou des narrations des journaux scientifiques, les comparaisons de nos observations de l'aiguille aimantée à Paris.

[M. Arago a publié une partie de son catalogue dans les *Annales de chimie et de physique*; mais le plus grand nombre de ses remarques et observations se trouvent dans les registres de variations diurnes d'où nous les extrayons fidèlement.]

CHAPITRE XVI.

CATALOGUE D'AURORES BORÉALES DE 1818 A 1848.

§ 1. — Année 1818.

La seule aurore boréale dont il soit fait mention dans les journaux scientifiques de 1818, a été observée le 31 octobre dernier, entre sept et huit heures du soir, à Bishopwearmouth, en Sunderland (Angleterre), par M. Renney. Cette aurore n'a, par elle-même, rien offert d'extraordinaire; mais elle a exercé sur l'aiguille aimantée

à Londres, à Paris et au château du maréchal duc de Raguse, à Châtillon-sur-Seine, une action remarquable dont nous avons parlé avec détail (chap. VIII, p. 565).

§ 2. — Année 1819.

1er février, minuit trente minutes. — Quoique le ciel soit couvert, on aperçoit entre quelques nuages, dans la direction du nord, des blancheurs fort vives qui annoncent d'une manière évidente l'existence d'une aurore boréale. Les oscillations de la boussole s'élèvent jusqu'à 10′ 36″.

Comme nous l'avons dit dans la Notice sur le magnétisme terrestre (chap. X, p. 495), nos observations de variations diurnes ayant été interrompues jusqu'en février 1820, nous ne pouvons que citer pour cette époque les observations d'aurores boréales venues à notre connaissance.

Le 15 octobre. — Aurore boréale observée dans le Suffolk.

Le 17 octobre, vers huit heures cinquante minutes du soir. — Aurore boréale assez brillante, observée à Seathwaite, dans le Cumberland et dans les environs de Londres. Cette aurore avait augmenté, le matin du 17 octobre, d'environ 15′ la déclinaison de l'aiguille aimantée.

Le même jour, vers huit heures du soir, on a observé à Newton-Stewart (Angleterre), un phénomène lumineux qui, d'après la description, était évidemment une aurore boréale.

Je trouve, dans les observations publiées par le colonel Beaufoy, que, le même jour, la boussole de variations, en Angleterre, était fort éloignée de sa position habituelle.

Voici en outre le catalogue des aurores boréales observées pendant le voyage du capitaine Parry.

20 octobre, entre six heures et huit heures après midi. — Aurore boréale formant un arc large, d'une lumière blanche et irrégulière, s'étendant du nord-nord-est au sud-sud-est; le centre de l'arc était 10° à l'ouest du zénith. La partie la plus brillante se trouvait au sud.

12 novembre, à six heures après midi. — Arc rompu et irrégulier; 6° de hauteur à son centre. Il s'étendait du nord-ouest par nord, au sud par ouest.

13 novembre. — Depuis huit heures jusqu'à minuit elle se montra de la même manière. Direction de l'arc du sud-ouest au sud-est; la partie la plus brillante au sud.

15, 16 et 18 novembre. — Traces d'aurore boréale.

Le 26 novembre au matin, quelques jets très-vifs d'aurore boréale furent aperçus du sud au nord-ouest.

14 décembre, à six heures après midi. — Aurore boréale; deux arcs concentriques passant des deux côtés du zénith : ils s'étendaient de l'horizon occidental à 20° de l'horizon opposé. (Aucun effet sur l'électromètre et sur l'aiguille aimantée.)

17 décembre, au matin. — Lumière faible et stationnaire du sud-ouest à l'ouest-sud-ouest.

19 et 20 décembre. — A différentes heures du jour aurore boréale; le 20 elle se montra au nord-ouest, ce qui est plus au nord que d'habitude.

§ 3. — Année 1820.

Dans le catalogue du capitaine Parry, on a eu :

8 janvier, à cinq heures et demie après midi. — Arc

large et irrégulier s'étendant du nord par l'ouest, *round by ouest to* S.-S.-E.??

11 janvier, à huit heures du matin. — Des jets (*corruscations*) de l'aurore passaient avec une inconcevable rapidité de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est.

Le 14 janvier, M. Howard, à Stratford (Angleterre), a observé, entre onze heures et minuit, une aurore boréale brillante : elle était entre le nord-ouest et le nord.

Le capitaine Parry indique ensuite :

5 janvier, la seule aurore très-brillante observée durant le voyage. — Au moment de l'apparition, les jambes de l'arc étaient nord et sud; l'arc passait un peu à l'est du zénith.

Le 3 février à six heures après midi, faible aurore du sud au sud-sud-ouest; à Paris, variations de 2′ 39″.

Le 8 février au soir, aurore assez vive à plusieurs reprises; à Paris, variations de 5′ 27″.

Le 10 février, à six heures un quart après midi, le capitaine Parry voit un arc s'étendant du sud-est au nord-est par nord. (Cette aurore a duré longtemps et était assez brillante.) A Paris, variations de 9′ 12″.

A Paris, le 9 février, à huit heures du soir, des éclairs brillent fréquemment au sud; l'ouest est chargé de nuages noirs et épais : le reste du ciel est très-beau. A neuf heures le ciel se couvre dans tous les sens; les éclairs sont moins fréquents, mais ils paraissent plus intenses. A dix heures, les éclairs ont cessé; le sud, l'ouest et le nord sont chargés de nuages noirs et épais qui ne s'élèvent guère au-dessus de 30°. Depuis neuf heures et demie on aperçoit au nord-

ouest une lumière assez vive qui borde le nuage, et qui se distingue parfaitement de la blancheur lactée qui est à gauche. Cette lumière varie à chaque instant d'intensité, et disparaît après un quart d'heure de durée. L'aiguille est très-agitée ; ce n'est qu'à dix heures un quart que j'ai pu faire une observation un peu certaine. Les variations de l'aiguille s'élèvent à 14′ 30″.

Le 11 février, à huit heures et demie, aurore assez vive par moment ; à Paris, variation de 19′ 57″.

Le 19 février, à 10 heures et demie du soir, aurore assez vive ; à Paris, variation de 15′ 54″.

Le 3 avril, M. Scoresby observa la plus brillante aurore boréale qu'il ait jamais aperçue dans ses nombreux voyages (*Greent voyage*, p. 17). Les variations à Paris s'élèvent à 16′ 41″.

Le 8 mars 1820, faible aurore. A Paris, variation de 23′ 51″.

Le 2 octobre 1820, très-faible aurore. A Paris, variation de 10′ 55″.

Le 3 octobre, aurore plus brillante qu'à l'ordinaire : elle donnait autant de lumière que la pleine lune. Aucune action sur l'électromètre et sur l'aiguille aimantée, dit le capitaine Parry. A Paris, variation de 8′ 16″.

Le 13, aurore brillante. Arc du nord-est à l'ouest-sud-ouest : le méridien le coupe par le milieu. A Paris, variation de 7′ 1″.

Le ... novembre, de cinq heures à neuf heures du soir, on a observé à Pétersbourg une belle aurore boréale.

Ce phénomène n'a pas été vu à Paris, et je n'en con-

nais pas exactement la date; mais l'aiguille de la boussole de notre Observatoire ayant été considérablement éloignée de sa position ordinaire durant toute la journée du 14 novembre, je serais assez disposé à admettre que c'est précisément ce jour-là que l'apparition de l'aurore boréale a eu lieu à Pétersbourg. Les variations de la déclinaison à Paris ont été de 23′ 33″.

M. Forster aperçut une aurore boréale en Angleterre, dans la nuit du 4 au 5 décembre 1820. (*Voir* son *Traité sur les nuages.*) A Paris, les variations de la boussole s'élèvent à 7′ 20″.

§ 4. — Année 1821.

En 1821, quoique le 24, le 25 et le 26 janvier; le 4 et le 21 février; le 1er, le 13, le 26 et le 30 mars; le 15 avril; le 12 et le 19 mai; le 22 juin; le 6 et le 14 juillet, il y ait eu des oscillations anomales, je ne connais pas d'observations d'aurores boréales.

M. le capitaine Parry a observé une aurore boréale dans la nuit du 15 août dans la baie d'Hudson. Il était alors par 65° 28′ de latitude nord et par 50° 18′ de longitude ouest de Greenwich. On voyait plusieurs nuages lumineux isolés; leur ensemble formait un arc dirigé du sud-sud-est à l'ouest-sud-ouest. Les jets lumineux qui partaient des nuages montaient jusqu'au zénith; ils étaient quelquefois d'une teinte orange très-foncée. A Paris, les oscillations de l'aiguille de déclinaison ont été de 16′ 78″.

Le 25 novembre, il y a eu à Paris des oscillations de 10′ 17″, mais nous ne trouvons nulle part d'indication d'une aurore boréale.

Le 29 décembre, vers minuit, le capitaine Lyon vit dans la baie d'Hudson une brillante aurore boréale en forme d'arc, située au sud, et dirigée de l'est à l'ouest. A Paris, l'aiguille de déclinaison n'a varié que de 2′ 30″.

§ 5. — Années 1822 et 1823.

Le 13 février 1822, vers huit heures du soir, sir George Mackensie, voyageant entre Nairn et Inverness (Écosse), vit dans le nord un arc lumineux de 3 ou 4° de largeur, qui embrassait une étendue d'environ 60°. On apercevait aussi des traces d'un arc plus large, moins intense, concentrique au précédent, mais d'un plus grand diamètre. Tout resta dans cet état durant quelque temps; ensuite une vive lumière se montra subitement à l'est. Parcourant rapidement l'espace occupé par le phénomène, elle offrit ces apparences fantastiques, ces vagues lumineuses qui s'observent toujours dans les aurores boréales brillantes. On assure que les sommets des arcs étaient directement sous la polaire. Cette circonstance serait fort remarquable si elle résultait de mesures prises avec un instrument.

A onze heures du soir, quand M. Mackensie cessa ses observations, on voyait encore deux arcs lumineux concentriques.

Les aurores boréales sont devenues maintenant très-rares; celle dont on vient de lire la description est même la seule dont il soit fait mention dans les journaux scientifiques de 1822. Je n'ai point appris qu'elle ait été vue en France; mais son effet sur l'aiguille aimantée a été

très-sensible dans la soirée du 13 février, surtout vers onze heures du soir. Le lendemain 14, la marche des déclinaisons diurnes fut de même assez régulière pour qu'on doive supposer que le phénomène du 13 se renouvela dans la soirée.

Les variations diurnes se sont élevées à Paris à 4′ 50″.

Le 19 février, il s'est manifesté à huit heures quarante-cinq minutes un mouvement tel, que je n'en ai jamais vu de pareil depuis que j'observe la boussole. L'aiguille oscillait très-rapidement, et ses mouvements, si considérables qu'on les voyait à l'œil nu, se faisaient principalement du nord au sud, c'est-à-dire dans la direction longitudinale de l'aiguille. Je ne vois qu'un tremblement de terre qui ait pu déranger l'aiguille de cette manière.

Le 15 avril 1822, vers dix heures et demie du soir, le capitaine Scoresby, dont le bâtiment était par 65° de latitude nord et 5° de longitude ouest de Greenwich, aperçut une aurore boréale. Elle commença vers le nord, s'éleva graduellement au zénith, et s'étendit jusqu'au sud en formant un arc continu. Une espèce de couronne naquit alors au zénith; sa lumière était aussi brillante que celle de la pleine lune; il en partait avec une extrême rapidité des rayons de diverses couleurs : les teintes les plus remarquables étaient le bleu, le vert et le rouge. A Paris, les variations se sont élevées à 14′ 53″.

Le 13 juillet, il y avait à neuf heures quarante-cinq minutes, dans la direction du méridien magnétique, et près de l'horizon, une lueur qui m'a paru beaucoup plus vive que le crépuscule ne pouvait l'être à cette heure. Quelques nuages peu élevés étaient sensiblement colorés

en rouge. A dix heures la lueur avait disparu presque entièrement. Les variations s'élevèrent à 10′ 55″.

Le 24 octobre, il y a une variation diurne de 22′ 18″; le 17 du même mois de 2′ 40″, mais il n'est venu à notre connaissance aucune observation d'aurore boréale.

Durant l'année 1823, je n'ai pas observé à Paris d'aurore boréale, et je n'ai eu connaissance d'aucun phénomène de ce genre constaté ailleurs. Ma boussole des variations diurnes a présenté le 20 janvier une variation de 12′ 38″, et le 5 septembre une variation de 11′ 23″.

§ 6. — Année 1824.

Le 21 janvier, à neuf heures et demie du soir, on a vu à Leith, dans la direction du nord, un phénomène de lumière semblable à une aurore boréale. A Paris, variation de 5′ 18″.

Dans la nuit du 29 juillet, le capitaine Lyon vit une faible aurore boréale. Il était alors près de la baie d'Hudson (*Brief narrative*, p. 16). A Paris, variation de 10′ 8″.

Le capitaine Lyon aperçut une aurore boréale le 11 août, dans la baie d'Hudson; elle fut visible plusieurs heures de suite, surtout au zénith; la lumière était très-vive; elle passait successivement du pourpre le plus vif au bleu léger, au jaune et au vert (*Brief narrative*, p. 35). A Paris, variation de 12′ 56″.

Le 13 août à Paris il y eut une variation diurne de 13′ 15″. Cependant le capitaine Lyon ne vit point d'aurore boréale cette nuit-là; mais le ciel ne fut découvert que durant peu d'instants (p. 43-44).

Dans la matinée du 9 septembre on vit, dans les environs d'Edinburgh, une brillante aurore boréale (journal de Brewster, juillet 1825, p. 55). A Paris, la variation diurne s'éleva à 19′ 57″.

Le même jour, vers minuit, on observa une aurore boréale très-brillante, mais de courte durée, dans la baie d'Hudson; on y voyait toutes les couleurs prismatiques (capitaine Lyon, p. 91).

Le 29 septembre, une brillante aurore boréale fut observée près de la baie d'Hudson, par le capitaine Lyon, dans la nuit (page 134). A Paris, les oscillations n'eurent pour amplitude que 4′ 41″, mais elles furent très-fréquentes.

Le capitaine Parry signale une aurore boréale *in the Morning* du 17 novembre, à 45° environ au-dessus de l'horizon au port de Bowen. Dans la matinée veut dire sûrement après minuit. Cette aurore avait beaucoup dérangé l'aiguille de Paris dans la nuit du 16 au 17, car la variation s'éleva, avec de nombreuses oscillations, à 25′ 25″.

Le 25 novembre, à port Bowen, par 88° 54′ de longitude ouest de Greenwich, 73° 13′ de latitude nord, le capitaine Parry signale une aurore boréale au sud, dans la nuit, formant des arcs faibles. A Paris, la variation s'élève à 4′ 41″.

Le 26 novembre, le même observateur aperçut à deux heures après minuit une aurore boréale formant un arc irrégulier dirigé du S.-S.-E. au N.-O. par N. L'arc était quelquefois très-brillant et il en partait des rayons qui se dirigeaient vers le zénith. A Paris, la variation a été de 6′ 52″.

Le 27 novembre, Parry signale encore une aurore boréale faible dirigée de l'E.-S.-E. au N.-N.-O. A sept heures du matin, à Paris, la variation est 3′ 17″.

Le 1er décembre, Parry voit une faible aurore boréale dans la matinée. A Paris, la variation est de 15′ 17″.

Le 8 décembre, le temps était serein au port Bowen; aucune aurore boréale n'est cependant indiquée à la date du 8 dans le journal du capitaine Parry, quoique mes registres donnent une variation de 10′ 27″.

Le 16 décembre, à sept heures du matin, on voyait au port Bowen une aurore boréale qui s'étendait de l'E.-S.-E. à l'O.-S.-O.; Parry ne dit pas qu'elle fût forte. A Paris, la variation fut de 2′ 58″.

Les 20, 21, 22, 23 et 24, Parry aperçut souvent des aurores boréales, plusieurs furent brillantes et disposées en arcs bien terminés, d'où des rayons partaient vers le zénith; d'autres se présentèrent sous la forme de nuages lumineux détachés. A Paris, la variation fut de 5′ 8″.

Le 28 et dans la matinée du 29, le ciel était couvert au port Bowen; ainsi il ne fut pas possible d'y voir l'aurore boréale qui a pu occasionner le dérangement de l'aiguille observé à Paris dans la matinée du 29 et qui donna une variation de 7′ 29″.

Le 31 décembre, la variation fut à Paris de 7′ 1″, mais le ciel était couvert au port Bowen.

§ 7. — Année 1825.

Les aurores boréales ne s'aperçoivent plus guère maintenant sous la latitude de Paris. On sait cependant, depuis

les voyages des capitaines Parry et Franklin, que dans les régions arctiques, il y en a, presque tous les soirs, des traces plus ou moins vives. On s'était donc trop hâté d'annoncer d'une manière absolue que ce phénomène est aujourd'hui beaucoup moins fréquent que par le passé; tout ce qu'on a le droit d'affirmer, c'est qu'il ne s'élève pas autant, et qu'il n'atteint que fort rarement les limites de notre horizon. Au reste, les zones, les arcs, les jets lumineux, dont les aurores boréales se composent, alors même qu'ils ne sont pas visibles dans un lieu donné, y exercent une influence manifeste sur la position de l'aiguille aimantée. Les journaux des deux célèbres navigateurs que je viens de nommer, comparés à nos registres d'observations magnétiques, ne laisseront pas à cet égard l'ombre d'un doute. Cette singulière connexion mérite certainement d'être étudiée sous toutes ses faces; mais il faudra peut-être des recherches assidues, continuées pendant un grand nombre d'années, avant qu'on puisse en saisir tous les détails. Aussi doit-on beaucoup s'applaudir de voir des observateurs exacts, MM. Coldstream et Foggo, placés à Leith, en Écosse, vers la limite que les aurores boréales ne dépassent presque plus, tenir une note exacte de tous ceux de ces phénomènes qui se montrent sur leur horizon. Ces observations nous aideront à compléter celles que nous pouvons constater autrement.

Le 6 janvier le ciel était clair au port Bowen; aucune aurore boréale n'est indiquée pour ce jour-là dans les registres imprimés du capitaine Parry, quoique la variation s'élève à Paris à 11′ 32″.

Le 7 janvier, au port Bowen, une aurore boréale bril-

lante paraît à six heures du soir; elle est visible, mais faiblement, durant le reste de la nuit. La variation est à Paris de 6′ 32″.

Le 11 janvier, au port Bowen, on signale une aurore boréale formant un arc du S.-E. au N.-O. On ne donne pas l'heure; on ne dit pas si l'aurore était brillante. A Paris, variation de 6′ 33″.

Le 12 janvier, au port Bowen, aurore boréale assez vive dans la matinée. A Paris, variation de 5′ 18″.

Au port Bowen, les 15, 16, 17 et 18 janvier, on aperçut fréquemment l'aurore boréale; elle avait une tendance marquée à former des arcs dirigés en général du S.-E. au S.-O. Quelquefois elle lança de brillants pinceaux lumineux vers le zénith. A Paris, les variations s'élèvent à 9′ 31″.

Le 28 janvier, aurore faible au port Bowen. A Paris, variation de 56″.

Le 11 février, au port Bowen, aurore boréale dans la nuit du 11 février. Le journal du capitaine Parry ne dit pas si elle était forte ou faible. A Paris, variation de 15′ 45″.

Au port Bowen, les 14, 15, 16 et 17, on aperçut l'aurore boréale dans la matinée. Le journal dit qu'elle était faible; mais j'aperçois que le ciel était couvert: l'intensité réelle de l'aurore pouvait donc être considérable. A Paris, variation de 11′ 14″.

Au port Bowen, l'aurore a été faiblement visible les 22, 23 et 24 février. Dans la matinée du 23, seulement, elle prit la forme d'un arc brillant et bien terminé, d'où partaient des jets de lumière vers le zénith; pendant la durée de l'arc, on voyait çà et là des taches très-brillantes. A Paris, variation de 8′ 53″.

Le journal du capitaine Parry ne parle pas d'aurore boréale à la date du 4 mars; le ciel était clair, cependant, au port Bowen. A Paris, variation de 8′ 53″.

A Paris, le 6 mars, la variation s'élevait à 11′ 32″, mais le ciel était trouble, le 6, au port Bowen.

Le 9 mars, au port Bowen, brillante aurore boréale dans la nuit au sud-ouest. A Paris, variation de 7′ 22″.

Au port Bowen, les 12, 13 et 14 de mars, on aperçut dans la matinée l'aurore boréale sous la forme d'une bande de lumière parallèle à l'horizon, à 45° de hauteur, et entre l'ouest-nord-ouest et le sud-ouest. A Paris, la variation s'élève à 11′ 4″.

Le 19 mars, le ciel était trouble au port Bowen. (Parry.) Mais à Leith, le ciel était serein, le vent soufflait au sud avec force, lorsque, sur les huit heures du soir, on aperçut vers le nord, à l'horizon, la lueur qui est le premier indice d'une aurore boréale. Cette lumière augmenta d'intensité jusqu'à neuf heures et demie; ensuite, des jets ascendants très-intenses commencèrent subitement à se montrer; mais ils ne dépassèrent pas le 65ᵉ degré de hauteur. Leur teinte habituelle était blanche ou jaunâtre; on en voyait toutefois, par moments, de bleus et de verts. Un peu avant dix heures, le phénomène devint encore plus intéressant: un arc formé d'une lumière blanche resplendissante prit naissance vers l'ouest, s'éleva graduellement, atteignit le zénith, le dépassa, et alla se terminer du côté de l'est. Au zénith, il avait une largeur d'environ 7°; mais à 5° ou 6° de hauteur, limites au-dessous desquelles on n'en voyait plus de traces, il se terminait presque en pointe. Cet arc fut stationnaire et parfaitement continu pendant une heure

entière; on ne voyait à travers que les étoiles de première et de seconde grandeur; il se brisa en plusieurs parties avant de s'évanouir. Dès que l'arc eut disparu, les jets ascendants, qui avaient cessé à l'instant de sa formation, recommencèrent à se montrer avec un vif éclat. A une heure après minuit, il n'y avait plus aucune trace du phénomène.

A Paris, ce même jour, de midi à une heure et demie, l'aiguille horizontale sortit subitement et à plusieurs reprises de sa position habituelle, de près de 5'. Ces mouvements irréguliers me firent supposer que, le soir, il y aurait une aurore boréale; mais on n'en vit aucune trace, quoique le ciel fût parfaitement serein. A six et huit heures, l'aiguille n'oscillait point; elle n'était pas non plus sortie de ses limites ordinaires; mais à onze heures et demie (c'était, comme on l'a vu plus haut, l'instant où l'aurore avait acquis à Leith son *maximum* d'éclat), la déclinaison avait brusquement diminué de plus de 8', et l'aiguille oscillait dans de grands arcs. L'amplitude de toute la variation diurne s'éleva à 17' 35''.

La marche de la même aiguille des variations diurnes, avec laquelle ont été faites les observations précédentes, montre qu'il a dû y avoir de fortes aurores boréales, les 30 et 31 mars et le 1er avril. Les nuages n'ont probablement pas permis à MM. Foggo et Coldstream de les observer. Quoique le ciel ait été assez clair durant ces journées au port Bowen, le journal du capitaine Parry ne fait cependant mention d'aucune aurore boréale.

J'ajoute qu'aucune aurore boréale n'est signalée par le capitaine Parry, durant le mois d'avril!

Peut-on supposer cependant que ce météore a cessé tout à coup de se montrer? Mon aiguille semble dire le contraire.

Je signalerai aussi le 26 juillet, où j'ai eu une variation de 34′ 46″; je n'ai pas appris qu'on ait observé une aurore boréale durant cette journée.

Le 17 août, à dix heures du soir, MM. Coldstream et Foggo aperçurent de faibles traces d'une aurore boréale.

Je soupçonne que c'était la fin d'une aurore boréale de jour. Je trouve en effet que le matin du 17, de huit heures et demie à midi, la déclinaison fut constamment d'environ 5′ supérieure à la moyenne du mois pour les mêmes heures, tandis que, le soir, l'aiguille était revenue à sa position ordinaire. L'amplitude totale de la variation est de 12′ 10″.

Dans ce même mois d'août, la nuit du 21, la matinée du 22, la nuit du 26, celle surtout du 29 ont offert de fortes anomalies dans la marche de l'aiguille. Toutes ces nuits-là le ciel était, je crois, couvert à Leith. Si, par un temps serein, des observateurs situés plus au nord, n'ont pas vu d'aurore boréale, par exemple, dans la nuit du 29 août, nous serons forcé d'admettre qu'il existe d'autres causes, encore inconnues, qui exercent sur la marche de l'aiguille aimantée une influence considérable. Mais dans les derniers jours d'août, on vit des aurores boréales en Norvége, et M. Hansteen croit que leurs vraies dates sont le 21 et le 22.

En outre, le 26 août, à onze heures quarante minutes, on aperçut une aurore boréale à Christiania.

Le 10 septembre, une très-belle aurore boréale fut

observée vers les dix heures du soir, à Leith. À dix heures, le 10 septembre, l'aiguille horizontale à Paris était à 10′ de sa position moyenne. L'amplitude totale de la variation est de 15′ 17″.

Le même jour, on a vu une brillante aurore boréale à Christiania, d'après M. Hansteen.

Le 15 septembre, détroit de Davis, latitude 69° 1/2, au sud-est, nuage lumineux à 5 ou 6° au-dessus de l'horizon. Il en partait des jets lumineux dirigés vers le zénith. Les nuits suivantes, l'aurore se montra avec les mêmes caractères, au sud-ouest, à l'ouest et vers l'est (Parry, p. 170). A Paris, variation de 10′ 36″.

Le 20 septembre, le capitaine Parry vit un arc lumineux passant par le zénith et dirigé du sud-est au nord-ouest; il paraissait peu élevé, sa lumière était si vive qu'il jetait sur le bâtiment les ombres des corps opaques. A Paris, variation de 9′ 49″.

Le 24 septembre, par 58° 1/2 de latitude et 44° 1/2 de longitude, le capitaine Parry annonce des masses lumineuses à l'est, couleur jaune de soufre. A neuf heures du soir, la lumière s'éleva en une bande étroite jusqu'au zénith, qu'elle dépassa bientôt pour atteindre l'horizon opposé; des jets de lumière se succédèrent ensuite avec une inconcevable rapidité. Le phénomène dura trois quarts d'heure; la lumière qu'il répandait fut souvent aussi vive que celle de la pleine lune; quelques parties étaient verdâtres. A Paris, variation de 9′ 3″.

Le 5 octobre, le capitaine Parry rapporte que le ciel est couvert, mais tout autant éclairé que par la pleine lune. A Paris, variation de 11′ 42″.

Le 7 octobre, dans la soirée. — Aurore boréale peu remarquable à Leith. (L'observateur de Paris était absent.)

A Leith, le 3 novembre. — Aurore boréale à onze heures du soir.

La pointe nord de l'aiguille des variations diurnes, à Paris, était, le 3 novembre à dix heures du soir, de 9′ à l'orient de sa position moyenne. La variation totale a été de 15′ 8″.

Le même jour, M. Hansteen signale une aurore boréale à Bergen en Norvége.

Leith, le 4 novembre, dans la soirée. — Jets de lumière très-vifs et très-nombreux ; mais ils restèrent visibles pendant peu de minutes, et ne furent ni précédés ni suivis de la clarté diffuse voisine de l'horizon, qui accompagne ordinairement ce météore.

L'aiguille horizontale de l'Observatoire de Paris éprouva, le 4 novembre, des mouvements brusques assez considérables et fort irréguliers, depuis neuf heures du matin jusqu'à deux heures de l'après-midi ; le soir, elle était à peu près revenue à sa position moyenne. La variation totale fut de 9′ 31″. Les jets remarqués par les observateurs écossais étaient donc, suivant toute apparence, les dernières lueurs d'une aurore boréale de jour.

Leith, le 22 novembre. — Très-belle aurore boréale, visible pendant trois heures, malgré l'éclat que la lune répandait dans l'atmosphère. Les jets lumineux s'élevèrent jusqu'au zénith.

L'aiguille des variations diurnes commença à sortir de ses limites habituelles le 22 novembre, à onze heures du soir. Le lendemain 23, à huit heures du matin, son extré-

mité nord se trouvait à l'occident de sa position moyenne de plus de 3'. Le reste de la journée, sa marche fut très-irrégulière. La variation diurne totale s'éleva à 6' 24''.

Le même jour, M. Farquharson vit une belle aurore boréale dans l'Aberdeenshire. Il était alors dix heures et demie du soir. (*Trans.* 1829. p. 106.)

§ 8. — Année 1826.

Dans le cahier de décembre 1826 des *Annales de chimie et de physique* (2e série, t. XXXIII, p. 421), j'insérai la note suivante dont je ne modifie les termes qu'en ce qui touche la rudesse de ma réponse à mes critiques :

« On a vu un arc lumineux provenant d'une aurore boréale, à Carlisle et dans le Roxburgshire, le 29 avril 1826 ; ce phénomène n'a pas été aperçu à Gosport, quoique le ciel y fût serein.

« A Paris, le 29 avril, à sept heures cinquante minutes du soir, la pointe nord de l'aiguille des variations diurnes était de quatre minutes à l'est de sa position ordinaire ; à huit heures et demie, elle s'était rapprochée de l'ouest par un mouvement prompt ; à onze heures et demie, elle avait repris, à une demi-minute près, la position de huit heures et demie. Une longue expérience m'a appris que ces grandes oscillations, à des heures où l'aiguille est presque toujours stationnaire, sont un indice à peu près assuré de l'existence d'une aurore boréale. Aussi, malgré toute la peine que l'on s'est donnée pour faire douter de ce résultat, dont, au reste, je suis moi-même très-éloigné de contester la singularité, je me hasarde à annoncer qu'on aura aperçu

quelque part, dans le nord, de brillantes aurores boréales :

« Le 16 janvier 1826; les 10 et 13 février; dans la journée du 9 mars; le matin et le soir du 23; le 29 mars; les 9 et 13 avril; dans la nuit du 17 au 18 du même mois; le 24, etc., etc.

« Si, pour juger de l'exactitude de ces annonces, mes critiques n'ont pas la patience d'attendre le retour des navigateurs du Nord, je les engagerai à consulter, dès ce moment, les pêcheurs de baleines ou les savants qui observent dans le nord de l'Écosse. Ils rendront ainsi à la science un service plus réel qu'en écrivant de fort lourdes plaisanteries sur la délicatesse éthérée de l'aiguille dont je me sers. »

En décembre 1827, grâce à la complaisance de Dalton, je pus annoncer qu'une aurore boréale, comme je l'avais soupçonné, s'était montrée dans le nord de l'Angleterre, le 29 mars 1826. La lettre de cet illustre chimiste est trop intéressante pour que je puisse me dispenser de l'insérer ici en entier :

« Mon cher ami,

« Je sais que vous prenez intérêt à tout ce qui regarde la météorologie; je vous envoie en conséquence le résultat d'une recherche que j'ai faite dernièrement sur la hauteur des aurores boréales.

« On a vu une aurore boréale très-remarquable dans le nord de l'Angleterre et de l'Écosse, le 29 mars 1826, entre huit et dix heures du soir. Elle avait la forme de l'arc-en-ciel et embrassait dans le firmament l'espace compris entre l'orient et l'occident magnétiques. Cet arc resta presque

complétement stationnaire pendant près d'une heure : son mouvement, dans le sens nord-sud, du moins, était tout à fait insensible.

« L'arc fut aperçu sur divers points d'une ligne qui n'a pas moins de 170 milles anglais d'étendue dans la direction du méridien magnétique : entre autres, à Manchester et à Edinburgh. A l'extrémité méridionale de cette ligne, le point culminant de l'arc était placé dans le méridien magnétique, du côté du nord, et à une hauteur angulaire de 60° au-dessus de l'horizon. A l'extrémité septentrionale, on trouva que le point culminant, situé aussi dans le méridien magnétique, se trouvait à 55° de hauteur, mais du côté du sud. Dans quelques villes intermédiaires, les observateurs virent l'arc au zénith, dans d'autres il était au nord ou au sud de ce point, suivant la latitude du lieu.

« D'après toutes ces données, j'ai trouvé que la hauteur verticale de l'arc était de 100 milles anglais (environ 33 lieues) ; sa largeur de 8 à 9 milles (3 lieues) ; son étendue visible, de l'est à l'ouest, au delà de 500 milles (167 lieues).

« Manchester, le 22 novembre 1827. »

Je n'ai pas du reste, je l'avoue, reçu la confirmation de toutes mes annonces. Mais en compulsant les journaux scientifiques et d'après ma correspondance, j'ai pu dresser la liste suivante d'aurores boréales et la rapprocher de mes observations.

Le 5 janvier, une aurore boréale a été vue à Kœnigsberg, en Prusse, dans la nuit (lettre de M. Kupffer).

Cette aurore a été vue aussi à Leith, dès sept heures du

soir, au travers de quelques éclaircies. M. Coldstream estime qu'il y avait aussi un arc large et très-lumineux à 25° du zénith vers le sud (*Edinb. Journ. of science*, tome v, page 190). Variation à Paris, 9′ 31″.

Le 16 janvier, une aurore boréale est signalée à Leith, entre une heure et deux heures du matin (*Edinb. journ. of sci.*, tome v, p. 190). A Paris, l'amplitude de la variation s'élève à 14′ 2″.

Le 11 février on indique une aurore boréale à Leith, dans la soirée (*Edinb. journ. of sci.*, tome v).

Ne serait-ce pas plutôt le 10 que l'aurore se montra? Les oscillations de ma boussole de déclinaison ont été fréquentes, et l'amplitude totale de la variation s'est élevée à 7′ 1″. Le lendemain 11, la variation n'a été que 4′ 41″.

29 mars. On a vu plus haut les détails que Dalton m'a donnés sur l'aurore boréale de ce jour. A Paris, la variation s'est élevée à 29′.

§ 9. — Année 1827.

Le 9 janvier, M. Marshal a vu à Kendal, en Angleterre, une brillante aurore boréale.

Le 9 janvier, la marche de l'aiguille des variations diurnes, à Paris, fut très-irrégulière. Déjà, à deux heures après midi, la pointe nord était plus occidentale qu'à l'ordinaire, de 4′ 1/2; la déviation se maintint dans le même sens jusqu'à sept heures et demie; mais à onze heures cinq minutes la déclinaison était, au contraire, de 3′ 1/2 plus petite que les jours précédents. La variation diurne s'éleva à 10′ 46″.

L'aiguille d'inclinaison fit aussi des oscillations irrégulières ; la variation s'éleva à 5'.9.

Le ciel était complétement couvert.

Le 13 ou le 18 janvier, vers six heures du soir, on aperçut à Gosport (Angleterre) un arc lumineux placé du côté du nord et dans le méridien magnétique. Il augmenta graduellement d'amplitude et d'éclat ; sa base, après neuf heures et demie, sous-tendait plus de 90°. Des colonnes de lumière d'un rouge pâle émanaient successivement des différents points de l'arc où des accumulations momentanées et considérables de la matière lumineuse s'étaient d'abord formées ; plusieurs de ces colonnes montèrent jusqu'à 48° de hauteur. Le phénomène était encore visible, à travers les interstices des nuages, à onze heures et demie du soir. On n'aperçut rien les jours suivants.

Je trouve les deux dates (13 et 18) dans le même numéro du *Philosophical Magazine*, d'où j'ai tiré ce qui précède. Si la première date est exacte, l'aurore n'a pas agi sensiblement sur l'aiguille aimantée de Paris ; s'il faut lire le 18, comme je le suppose, l'action a été très-grande, et le dérangement, contre l'habitude, a porté d'abord l'extrémité nord de l'aiguille vers l'ouest. A six heures et demie du soir, la déclinaison était de 3' plus grande qu'à l'ordinaire ; à six heures trois quarts, elle s'était encore accrue de 1' 1/2 ; à onze heures trois quarts, au contraire, je la trouvai de 14' plus petite que les jours précédents, mais en cinq minutes, c'est-à-dire de onze heures quarante-cinq minutes à onze heures cinquante minutes, l'aiguille marcha à l'ouest de vingt et une minutes. Le ciel était serein.

Les autres jours du mois de janvier 1827, dans lesquels

l'aiguille aimantée a été sensiblement dérangée, sont : le jeudi 4 (dans la matinée et vers midi surtout) ; le jeudi 25, toute la soirée depuis six heures ; le mardi 30, dans la soirée. Pour cette dernière date je trouve que le docteur Fielder a vu une aurore boréale en Norvége. La variation de la déclinaison fut à Paris de 12′ 47″, celle de l'inclinaison s'éleva à 11′.1.

Le 17 février, à huit heures du soir, dit M. Burney, une lumière brillante se montra dans le nord, à Gosport, elle occupait 20° de chaque côté du méridien magnétique. Des colonnes lumineuses partirent verticalement de temps à autre de quelques nuages qui se formaient çà et là. A onze heures, une averse de neige cacha subitement le phénomène.

Le 17 février, l'aiguille de déclinaison n'offrit rien d'extraordinaire à Paris, ni dans la matinée, ni dans l'après-midi, du moins jusqu'à une heure un quart : alors la pointe nord se trouvait de cinq minutes à l'orient de sa position habituelle, et la variation s'éleva à 9′ 12″. Le ciel était serein.

En février, il a dû y avoir des aurores boréales ; le samedi 3, depuis midi ; le dimanche 4, surtout dans la matinée ; le dimanche 18, dans la soirée ; le lundi 19, vers midi.

L'aiguille n'a pas éprouvé de grandes perturbations en mars. Le 8, au soir ; le 9, au matin ; le 13, à neuf heures un quart du soir ; le 22, vers midi, et le 30, à neuf heures et demie du soir, sont les seuls instants où elle se soit trouvée à 2 ou 3 minutes de sa position habituelle.

Je ne doute pas que les observateurs du Nord n'aient aperçu plusieurs aurores boréales dans le mois d'avril. Les

jours où l'aiguille a été le plus dérangée sont : le 5 vers midi ; le 6, le 7, le 22 et le 24. On a vu aussi des déviations sensibles le 12 et le 13.

Si je pensais qu'il fût utile de continuer cette énumération, je dirais encore qu'il a existé des aurores boréales les 2 et 16 mai, mais je vais revenir à ceux de ces phénomènes dont j'ai eu connaissance.

Le 27 août, dans la soirée, on a aperçu une aurore boréale à Perth, au nord de l'Écosse. Les jets de lumière étaient très-rapides ; ils couvrirent un moment presque tout le ciel.

Dans la soirée du même jour, une aurore boréale a été observée à New-York, à Washington, etc., etc.

A Paris, le 27 août, je trouvai la pointe nord de l'aiguille de 10′ plus à l'occident que dans sa position ordinaire, à une heure six minutes de l'après-midi ; elle éprouvait de plus des oscillations irrégulières. Le soir, à neuf heures et demie, la déclinaison, au contraire, était plus petite que les jours précédents à pareille heure, d'environ 8′ ; le ciel était très-nuageux. La variation diurne de la déclinaison s'éleva à 27′ 8″.

Le 28 août, pendant la soirée, une aurore boréale fut aperçue dans le Roxburghshire.

Une brillante aurore boréale a été également observée aux États-Unis dans la soirée de ce jour. Au lever du soleil on la voyait encore. A dix heures du soir on y remarquait deux arcs concentriques.

A Paris, le 28 août, à une heure après midi, la déclinaison de l'aiguille surpassait de 6′ la moyenne des jours précédents. Le soir, on n'observa malheureusement qu'une

fois : il était alors onze heures, et la déclinaison parut de 3′ plus petite qu'à l'ordinaire. Le lendemain matin 29, à neuf heures, la pointe nord se trouvait à l'occident de la position habituelle de 12′. A neuf heures trois quarts, cette déviation s'était encore accrue de 4′, et l'aiguille n'était plus stationnaire : elle oscillait dans des arcs de plus de 8′. Le soir, tout était rentré dans l'ordre.

L'aiguille verticale éprouva les mêmes influences; l'inclinaison, durant la matinée du 29, était supérieure de près de 6′ à celle de la veille et du lendemain. Il y eut aussi dans l'intensité une variation de 5″ sur la durée de 300 oscillations.

Des aurores boréales ont été observées dans une très-grande partie des États-Unis d'Amérique, pendant les nuits du lundi 27, du mardi 28, du mercredi 29 et du vendredi 31 août 1827.

Voici quelques extraits de la description de ces phénomènes qu'un observateur de New-York a donnée dans *le Commercial Advertiser* :

Le lundi 27 août, quelques minutes après le coucher de la lune, la région boréale du ciel commença à devenir brillante : on aurait dit qu'un grand incendie l'éclairait. Bientôt on aperçut un arc lumineux peu élevé au-dessus de l'horizon, et au centre duquel l'étoile polaire correspondait. Un nuage épais semblait remplir tout l'intérieur de l'arc; des taches brillantes se formèrent de temps à autre sur divers points de son contour; un grand nombre de colonnes lumineuses en jaillirent, et éprouvèrent un mouvement horizontal fort rapide, dirigé de l'est à l'ouest. A une autre époque de la nuit, les colonnes de lumière verticale paru-

rent complétement stationnaires. Le phénomène durait encore quand le soleil se leva.

On vient de voir que cette même boréale fut observée à Perth en Écosse, et qu'elle dérangea notablement l'aiguille aimantée de Paris.

Le 28 août, à neuf heures et demie du soir, il y avait au nord deux arcs concentriques, distants l'un de l'autre de quelques degrés. L'étoile polaire était dans le plan vertical de leurs points culminants. L'arc supérieur s'éleva graduellement au-dessus de l'horizon de New-York, atteignit le zénith, où il parut stationnaire quelque temps, le dépassa ensuite vers onze heures, se brisa et disparut. Des colonnes de lumière verticale, douées d'un mouvement de translation assez rapide qui les transportait de l'est à l'ouest, se montrèrent plusieurs fois sous ce grand arc.

L'intérieur de l'arc le moins élevé était, comme la veille, le siége d'une épaisse vapeur. A onze heures, un gros nuage noir, poussé par un vent du nord-ouest, passa sur le contour lumineux. L'observateur prétend que le nuage et l'arc s'influençaient réciproquement, qu'ils semblaient très-agités dans celles de leurs parties qui s'étaient rapprochées. A onze heures, un nombre considérable de colonnes de lumière semblaient jaillir de divers points de l'arc. Tout l'hémisphère enfin, jusqu'à l'étoile polaire, se couvrait, de temps à autre, d'une lumière très-vive semblable à celle que répandent les éclairs désignés par les météorologistes sous le nom d'*éclairs de chaleur*.

Nous avons constaté tout à l'heure que cette aurore a été vue en Angleterre, et qu'elle troubla sensiblement à

Paris la marche de l'aiguille horizontale et celle de l'aiguille d'inclinaison.

Dans la journée du mercredi 29, l'auteur de la relation dont je viens de donner l'analyse, remarqua un grand arc de vapeur qui s'étendait du sud-ouest au nord-est. Il dit que, pendant plusieurs jours, les nuages se disposèrent, presque constamment, en grandes traînées qui joignaient des points opposés de l'horizon. Suivant lui, cette brillante aurore boréale ne fut accompagnée d'aucun bruit. Il est même persuadé que jamais ce bruit n'existe. Mais voici maintenant ce qu'on trouve, à ce sujet, dans le n° 1, volume XIV, avril 1828, de *l'American Journal of Science :*

A Rochester, pendant les aurores d'août 1827, on a entendu, dit-on, distinctement des détonations (*reports*) semblables à celles qui résultent de la décharge d'une batterie électrique. L'observateur du comté de Saint-Laurent assure aussi avoir entendu des détonations du même genre, surtout pendant que les colonnes lumineuses étaient le plus agitées. Les physiciens de New-Haven et du collége de Yale parlent également du bruit que faisait l'aurore.

Au milieu de ces relations contradictoires, on ne sait quelle opinion adopter. Je sens bien que le fait positif d'avoir entendu semble devoir annuler les faits négatifs; mais comment expliquer que MM. les capitaines Parry et Francklin, hivernant pour ainsi dire dans le foyer même des aurores, n'aient jamais rien entendu?

Le samedi, 8 septembre, mon confrère de l'Académie, M. Héron de Villefosse, a vu une aurore boréale à Saint-Cloud, à huit heures et demie du soir, dans la

direction du nord-ouest ; le ciel était serein et la lune très-brillante.

Le 8 septembre on remarqua à Paris, dès midi, un dérangement très notable de l'aiguille des variations diurnes. La pointe nord se trouvait alors de 13′ à l'occident de sa position ordinaire. A une heure dix-neuf minutes, la déclinaison surpassait de 19′ celle qu'on avait observée à pareille heure les jours précédents. Toute la journée l'aiguille parut très-agitée, et la cause perturbatrice porta toujours l'extrémité nord à l'occident. Ce ne fut que le soir, à neuf heures et un quart, qu'on observa une déviation de 8 minutes en sens contraire, c'est-à-dire vers l'orient.

Les personnes qui doutent encore de l'influence qu'exercent les aurores boréales, changeront certainement d'opinion quand elles verront la série tout entière des observations faites à Paris le 8 septembre :

Heures.		Déclinaisons.
7h 16m	....	22° 9′ 2″.8
midi	....	22 33 59 .5
midi 20	....	22 33 12 .7
midi 30	....	22 35 42 .4
midi 40	....	22 35 39 .6
midi 45	....	22 35 39 .6
midi 50	....	22 37 31 .8
midi 53	....	22 39 5 .3
midi 57	....	22 39 33 .8
1h m	....	22 40 15 .4
1 4	....	22 38 55 .9
1 7	....	22 38 37 .2
1 11	....	22 39 38 .1
1 14	....	22 38 4 .6
1 16	....	22 38 18 .6
1 19	....	22 40 38 .9

Heures.	Déclinaisons.
1h 22m	22° 39′ 33″.4
1 24	22 40 43 .6
1 28	22 40 15 .5
1 31	22 40 10 .8
1 35	22 39 47 .4
1 37	22 38 41 .9
1 40	22 37 33 .9
1 43	22 86 23 .8
1 45	22 36 19 .1
1 50	22 34 36 .2
1 55	22 32 1 .9
1 57	22 32 34 .6
2 0	22 31 38 .9
2 4	22 29 51 .3
2 8	22 30 5 .6
2 12	22 29 14 .7
2 15	22 17 41 .2
2 20	22 18 18 .6
2 25	22 17 22 .5
2 30	22 14 10 .7
2 35	22 14 43 .5
2 40	22 15 20 .9
2 45	22 14 15 .4
2 50	22 14 52 .8
2 56	22 17 56 .5
8 0	22 18 56 .0
3 4	22 19 24 .1
3 7	22 20 1 .5
3 11.5	22 21 7 .0
3 13	22 22 3 .0
3 15	22 22 54 .5
3 19	22 21 7 .0
3 24	22 22 54 .5

L'aiguille n'oscille presque pas; à chaque changement on la voit quitter sa position sans revenir ensuite en sens contraire.

Heures.	Déclinaisons.
3h 28m	22° 21′ 55″.9
3 33	22 21 8 .1

Heures.		Déclinaisons.
3h 37m	....	22° 20′ 31″.7
3 44	....	22 20 55 .1
3 50	....	22 20 41 .1
3 55	....	22 20 31 .7
4 0	....	22 20 41 .1
4 5	....	22 21 23 .2
4 50	....	22 16 37 .9
4 55	....	22 15 51 .1
5 0	....	22 19 45 .0
5 5	....	22 18 20 .8
5 10	....	22 14 40 .3
5 13	....	22 22 17 .9
5 15	....	22 19 10 .8
6 0	....	22 14 58 .2
6 15	....	22 12 57 .7
9 15	....	22 5 8 .9
9 30	....	22 9 12 .2

L'aiguille d'inclinaison a présenté les variations suivantes :

Heures.		Inclinaisons.
7h 20m m	....	68° 56′.5
1 22 s	....	68 57 .2
1 40	....	68 57 .8
2 42	....	68 55 .5
3 0	....	68 54 .1
5 0	....	68 58 .0
5 5	....	68 59 .2
6 15	....	68 58 .8
9 20	....	68 54 .8

Ainsi, l'amplitude de la variation de la déclinaison s'est élevée jusqu'à 35′ 36″, et celle de l'inclinaison à 5′.1.

Le dimanche 9 septembre, on a vu, en Angleterre, une brillante aurore boréale. La matinée fut pluvieuse; le vent soufflait du nord-est. Un peu avant midi, le vent tourna à l'ouest, les nuages se dissipèrent au nord-ouest, et la partie du ciel éclaircie prit la forme d'un

segment de cercle parfaitement tranché, qui s'éleva graduellement jusqu'à 20° de hauteur. Au-delà, le ciel resta couvert dans la zone bleue circulaire; on aperçut, de temps à autre, des jets d'une faible lumière blanchâtre. Le soir, entre neuf et dix heures, on vit une aurore boréale très-brillante. L'auteur inconnu de cette observation ne doute pas, en conséquence, que l'arc et les jets lumineux du matin n'eussent une connexion intime avec le phénomène observé le soir. (*Journal de l'Institution royale*, janvier 1828, p. 489.)

Cette aurore du 9 septembre a été vue par M. Farquharson, dans l'Aberdeenshire, à onze heures du soir. (*Transac. phil.*, 1829, p. 107.)

L'aiguille des variations diurnes fut très-notablement dérangée à Paris, le matin et le soir du 9 septembre, et aussi dans l'après-midi. Entre une heure trente minutes et deux heures, par exemple, la déclinaison diminua de près de 7′; à six heures un quart, elle était d'environ 12′ plus petite qu'à l'ordinaire.

L'amplitude de la variation diurne de déclinaison s'est élevée à 21′ 50″, et celle de l'inclinaison à 2′.

Le 25 septembre, l'aiguille qui, toute la journée, n'avait rien offert de particulier, ayant éprouvé à neuf heures et demie du soir un dérangement très-sensible, je soupçonnai qu'il y aurait quelque part une aurore boréale. J'aperçus bientôt, en effet, des nuages lumineux dispersés çà et là, entre le N.-N.-O. et le N.-E.; ils n'étaient pas toujours également vifs; quelquefois ils semblaient s'allumer; un instant après ils disparaissaient totalement. Ces lumières éparses se réunirent une fois, et

formèrent pendant quelques minutes un arc continu, peu élevé au-dessus de l'horizon, et dont le point culminant, autant qu'on en peut juger, était à une vingtaine de degrés du méridien terrestre, c'est-à-dire très-près du méridien magnétique.

Le même phénomène a été aperçu au Havre; à Ostende, en Belgique; à Arau et à Zurich, en Suisse; à Gosport et à Kendal, en Angleterre; en Danemark et en Suède. Le professeur Cleaveland l'a observée à Brunswich, aux États-Unis. L'observateur d'Ostende dit que l'aurore commença à se montrer à onze heures, qu'elle durait encore à minuit, et que sa lumière atteignit le zénith. M. Forster annonce qu'en Angleterre, la pleine lune ne lui a jamais montré les objets éloignés aussi distinctement que l'aurore boréale du 25 septembre.

M. le professeur Cleaveland rapporte que l'arc de l'aurore était fort brillant, qu'il était situé au sud, et que sa plus grande hauteur au-dessus de l'horizon sud n'était que d'environ 35°. Des colonnes lumineuses s'élevaient de divers points de l'arc vers le zénith. Pendant ce temps, il n'y avait absolument aucune lumière, ni au nord, ni au nord-est. Seulement, à 45° de hauteur, on apercevait quelques colonnes d'une lumière très-faible.

M. Valenciennes a vu cette aurore entre Arras et Doulens; il a particulièrement porté son attention sur une nappe lumineuse dont la teinte purpurine était très-brillante, et qui se trouvait au-dessus d'un segment vif et blanchâtre placé à l'horizon même, vers le nord-ouest; il a remarqué aussi plusieurs rayons verticaux d'un jaune doré.

Mon savant confrère m'a remis à ce sujet la note suivante :

« J'allais d'Arras à Doulens, à peu près dans la direction de l'est à l'ouest. Le météore était devant moi, un peu à ma droite, par conséquent ouest-nord-ouest. Le soir, vers neuf heures, le ciel était nuageux, et j'aperçus quelques points lumineux que j'ai cru être des éclairs. Vers dix heures, le ciel devenu serein, put laisser apercevoir le météore, que je reconnus bientôt pour être une aurore boréale. A 10 ou 15° au-dessus de l'horizon, je voyais une lumière blanche assez vive qui s'étendait assez loin sur le cercle de l'horizon. Au-dessus de cette lumière était comme une nappe d'un rouge purpurin brillant, qui variait d'intensité quand elle était faible. Il paraissait exister deux foyers lumineux qui, s'étendant, finissaient par se réunir en prenant une teinte purpurine d'autant plus vive qu'ils étaient plus complétement confondus. Alors, au bas de l'horizon s'élevaient trois ou quatre faisceaux lumineux d'une couleur plus dorée, et qui avaient l'air de diviser la lumière rouge; les rayons s'effaçaient, ainsi que la nappe purpurine, qui peu à peu reprenait sa première intensité et s'effaçait après avoir été traversée par de nouveaux rayons. Ces rayons s'élevaient dans le ciel au-dessus de l'horizon jusqu'à 30 ou 36°. Le phénomène a duré jusqu'à onze heures trois quarts. Je n'ai rien vu d'aussi beau dans le ciel : c'était magnifique. La lumière blanche de l'horizon a duré plus longtemps, et éclairait si fort, que, comme il n'y avait pas de lune, les postillons et les conducteurs disaient qu'ils ne comprenaient rien à ce qu'ils croyaient être un incendie.

« En montant la côte de Doulens, le ciel était d'une pureté et d'une beauté ravissantes.

« L'horizon vers le nord-ouest éclairé d'une lumière incertaine qui effaçait un peu les étoiles, contrastait magnifiquement avec l'éclat des constellations de l'est. Orion surtout était admirable. »

Le 25 septembre, l'aiguille des variations diurnes de l'Observatoire de Paris avait marché régulièrement depuis le matin jusqu'à huit heures du soir, ensuite elle se dérangea. A neuf heures, je trouvai pour la déclinaison 7′ de moins que les jours précédents; dix minutes plus tard, l'aiguille avait marché à l'ouest de 7′. Un mouvement oriental succéda à celui-là, de telle sorte qu'à dix heures un quart la pointe nord s'était rapprochée du méridien terrestre de 14′. Ensuite la déclinaison s'accrut de nouveau progressivement; à dix heures et demie, elle surpassait de 12′ la déclinaison que j'avais observée à dix heures et un quart.

Les observations de la boussole verticale n'offrirent pas moins d'intérêt : l'angle que l'aiguille d'inclinaison formait avec l'horizon était, par exemple, de 7′ plus grand à dix heures un quart qu'à neuf heures et demie. Aussi pus-je présenter le lendemain mes observations au Bureau des Longitudes, dont le procès-verbal contient la note suivante : « M. Arago a observé la nuit précédente une aurore boréale. Le déplacement irrégulier de l'aiguille de variations diurnes pendant la soirée lui avait annoncé le phénomène. »

Le 6 octobre 1827, malgré le clair de lune, on a vu dans plusieurs parties de l'Angleterre, entre autres à Man-

chester et en Roxburghshire, une brillante aurore boréale.

A Paris, le 6 octobre, l'aiguille des variations diurnes n'avait rien offert dans sa marche durant tout le jour qui méritât d'être particulièrement remarqué. Ce ne fut qu'à huit heures du soir qu'une diminution sensible dans la déclinaison, montra qu'il serait utile de multiplier les observations. Je commençai, en effet, à marquer la position de l'aiguille toutes les cinq minutes, et je continuai au-delà de onze heures. Les déplacements étaient excessivement irréguliers; l'observation toutefois ne présentait pas de difficulté, car l'aiguille oscillait à peine. A huit heures, la déclinaison était plus petite qu'à l'ordinaire; à dix heures vingt minutes, elle s'était accrue de 8′; cinq minutes après, elle avait diminué de la même quantité. A dix heures trente-cinq minutes, je trouvai une déclinaison de 18′ plus petite qu'à l'ordinaire; ensuite elle augmenta et diminua à plusieurs reprises, mais sans jamais atteindre, dans ses augmentations, aux valeurs des jours précédents.

A onze heures douze minutes, au moment de la moindre déclinaison, sa diminution anomale était de plus de 20′.

L'aiguille d'inclinaison éprouva aussi des déplacements sensibles, le 6 octobre, entre huit et dix heures vingt-quatre minutes. Les observations que je fis sur les oscillations d'une aiguille horizontale, convenablement corrigées de l'effet des changements d'inclinaison, ont prouvé que l'intensité magnétique varie aussi pendant les aurores boréales.

En effet, les observations du soir comparées avec celles du matin ont montré qu'il y a, dans l'intensité observée

avec une aiguille horizontale, des changements qui ne tiennent pas à une variation d'inclinaison. Nous avons trouvé :

Heures.	Durée de 300 oscillations.	Température.	Inclinaisons.
$8^h 55^m$ m.....	11^m 50^s 33	18°.9	68° 34'.2
6 0 s.....	11 50.11	19 .9	68 35.0
7 54 s.....	11 50.23	19 .8	68 36.5

Le premier nombre (11^m 50^s.33), soit à cause de la température, soit à cause de l'inclinaison, devrait être plus petit que le troisième (11^m 50^s.23). Par le seul fait de l'inclinaison, la différence serait de 0^s.63 : elle est de 0^s.10 en sens contraire.

Si l'on admet que l'aiguille a une force coercitive imparfaite, le changement d'inclinaison observé entre huit heures cinquante-cinq minutes du matin et sept heures cinquante-quatre minutes du soir, serait moindre que le changement réel, et la conclusion se trouverait vraie *à fortiori*.

L'aiguille horizontale ne commença à se déranger, le 6 octobre, qu'à la nuit; le ciel était parfaitement serein, mais la lune était très-brillante et l'horizon dans la direction nord-ouest était un peu vaporeux. Pendant toute la soirée, je cherchai vainement à découvrir des traces de l'aurore boréale, et cependant, en Angleterre, on a cité celle de ce jour-là comme ayant été très-brillante.

Sans ces trois circonstances réunies, ainsi que je l'ai déjà expliqué, je ne pourrais pas déduire légitimement des observations précédentes la conséquence que l'aurore vue de Manchester, quoiqu'elle soit restée au-dessous de l'horizon de Paris, y a dérangé l'aiguille.

Le 17 octobre, M. Burney a vu à Gosport une faible aurore boréale.

Le 17 octobre, l'aiguille horizontale des variations diurnes, à Paris, commença à offrir quelques légères anomalies, entre une heure et deux heures de l'après-midi; mais le soir, à neuf heures cinquante minutes, le dérangement devint énorme : la déclinaison était alors plus petite que les jours précédents, à pareille heure, de 24′. Entre neuf heures cinquante minutes et dix heures quarante-cinq minutes, elle augmenta ensuite de 19′. L'amplitude totale de la variation diurne s'éleva à 36′ 10″, et celle de l'inclinaison à 2′.1.

J'apprends, par les journaux anglais, qu'on a aperçu des aurores boréales dans le Roxburghshire, le 18 et le 19 novembre. Suivant M. Burney, celle du 18, la moins faible des deux, ne s'éleva pas à plus de 5° au-dessus de l'horizon de Gosport.

Le 18, l'aiguille des variations diurnes fut troublée à Paris, surtout dans l'après-midi. Le 19, à onze heures du soir, la déclinaison était plus petite que les jours précédents à la même heure, de 8′.

Les recueils scientifiques n'ont encore annoncé aucune aurore boréale pour le mois de décembre 1827; je me hasarde cependant à prédire, d'après les indications de l'aiguille aimantée, que les observateurs en auront aperçu vers le nord, le samedi 29 et le dimanche 30.

§ 10. — Année 1828.

Les 18, 19 et 20 janvier, une aurore boréale a été vue

à Franklin, à Hartwick, à Albany et à Auburn (États-Unis).

L'aiguille horizontale a été considérablement dérangée à Paris, les 17 et 18 janvier, et un peu dans la matinée du 19. Les variations diurnes de déclinaison s'élevèrent à 10′ 25″, 16′ 13″ et 4′ 50″.

Les 3 et 19 février, des aurores boréales furent encore observées aux États-Unis, à Utica.

Le 3, l'aiguille n'a été observée à Paris qu'une seule fois dans la soirée : ainsi on ne saurait dire si elle a éprouvé quelque dérangement. La variation diurne fut de 6′ 40″.

Le 19, on n'a observé qu'une perturbation très-légère (variation de 6′ 14″); mais le 20, elle a été, dans son *maximum*, de près de 20′ et très-variable; l'amplitude totale de la variation diurne de la déclinaison s'est élevée à 36′ 19″.

Les 11 et 12 avril, des aurores ont été vues à Hartwick (États-Unis). Rien, à Paris, n'a annoncé ces phénomènes qui probablement ont été très-faibles.

J'ai reçu de Montmorillon une lettre signée Gotteland, par laquelle on m'annonce que, le 5 juillet 1828, vers les dix heures du soir, on aperçut, à neuf reprises différentes et en moins d'une demi-heure, des masses lumineuses grandes comme le soleil et de diverses formes, qui s'élançaient de l'horizon jusqu'à la hauteur de 2 ou 3°, et disparaissaient ensuite.

Cette vague description ne serait pas suffisante pour me faire soupçonner que le phénomène de Montmorillon était une aurore boréale, si, dans la soirée du 5 juillet et surtout dans la matinée du 6, l'aiguille aimantée n'avait pas

été un peu dérangée à Paris; les variations diurnes de la déclinaison ont été, durant ces journées, de 7′ 29″ et de 11′ 51″.

Déjà, à midi, le 5 juillet, le dérangement parut manifeste; mais, contrairement à ce qui arrive ordinairement pendant les perturbations de jour, la déclinaison était sensiblement trop petite. Le soir, à neuf heures trois quarts, je trouvai aussi la déclinaison plus petite qu'à pareille heure les jours suivants et les jours précédents; mais, le soir, en temps d'aurore boréale, c'est ainsi que la perturbation a lieu habituellement.

J'ai appris du reste que, le 5 juillet, l'aurore boréale a été vue à Albany, à Dutchess, Lowville, Saint-Laurent, Utica (États-Unis).

Le 14 août, une aurore a été encore vue à Clinton (États-Unis).

Le 14 août, à dix heures et demie, la déclinaison à Paris était notablement plus petite qu'à pareille heure les jours précédents.

Le 16 août il parut une belle aurore à Cambridge, Lowville, Utica. Pendant quelque temps on aperçut un arc resplendissant.

Le 16 août la déclinaison à Paris fut notablement plus grande qu'à l'ordinaire, le matin et à midi, tandis que le soir, au contraire, elle était de plusieurs minutes plus petite. L'amplitude de la variation s'éleva à 17′ 9″.

Le 8 septembre, à Saint-Laurent, la moitié du ciel était éclairée par des jets très-lumineux qui s'élevaient presque jusqu'au zénith.

Le 8 septembre, l'aiguille commença à se déranger dans

l'après-midi ; et, comme c'est l'ordinaire à cette époque du jour, la perturbation avait rendu la déclinaison trop forte. Le soir, au contraire et suivant une loi qui est aussi presque générale, cette déclinaison était trop petite, tandis que le lendemain matin elle était encore redevenue de 7′ plus grande que de coutume. La variation diurne monta le 8 à 23′ 23″.

Le 12 septembre, à Utica, on vit encore une aurore. La marche de l'aiguille à Paris, dans la soirée du 12, ne présenta rien qui dût en faire soupçonner l'existence.

Le 15 septembre, vers neuf heures du soir, un jet de lumière partit à Edinburgh de la région occidentale de l'horizon, s'éleva vers le zénith, et forma bientôt un arc d'une grande beauté. En le dessinant sur un globe, on trouva que la trace horizontale du plan de l'arc était perpendiculaire à celle du méridien magnétique. A neuf heures dix-sept minutes, l'arc passait par le zénith d'Edinburgh. Il avait une marche lente et graduelle vers le sud ; ses parties les moins élevées étaient les plus brillantes. Au zénith, la largeur de l'arc était de 5 ou 6°.

A Islay-House, en Écosse, vers huit heures cinquante minutes du soir, l'aurore formait un arc lumineux qui s'étendait du sud-est au nord-ouest. Ses extrémités inférieures étaient beaucoup plus étroites que les portions élevées. Il en jaillissait de faibles rayons vers le sud-ouest. L'arc demeura stationnaire.

Pendant toute la durée de son apparition, on vit au sud-est une brillante aurore dont la lumière était tantôt rouge, tantôt jaune, et quelquefois vert pâle (*the Edinb. journ. of scienc.*, n° 19, p. 177).

Le lundi 15 septembre, l'aiguille des variations diurnes n'a présenté, à Paris, aucun dérangement bien digne de remarque. Le lundi précédent (8 septembre), au contraire, elle avait beaucoup dépassé ses positions habituelles, comme on vient de le voir. Il pourrait être utile de rechercher s'il ne se serait pas glissé ici une erreur de date.

Le 26 septembre une aurore a été vue à Albany, Auburn, Lowville, Clinton, etc.

Le 26 septembre, à dix heures du soir, la déclinaison de l'aiguille, à Paris, était de 9′ plus petite qu'à l'ordinaire. La variation diurne fut de 16′ 31″.

Le 27 septembre une aurore signalée à Cambridge (États-Unis) n'a été annoncée par rien, à Paris; la variation ne fut que de 7′ 47″.

MM. Kater et Moll rapportent qu'ils aperçurent, le 29 septembre, à huit heures trente-cinq minutes de temps moyen, une zone lumineuse qui s'étendait de l'est-nord-est jusqu'à l'ouest, tirant un peu vers le sud. Ses pieds touchaient l'horizon des deux côtés; sa lumière était blanche, à très-peu près uniforme, et d'une intensité bien supérieure à celle de la voie lactée; sa largeur leur parut être de 3° 45′. Les bords étaient parfaitement terminés et aussi lumineux que le centre; les étoiles se voyaient distinctement à travers.

La hauteur de la partie la plus élevée de l'arc était de 72°. En rapprochant ce résultat de celui qui donne la position de ces points de rencontre avec l'horizon, M. Kater trouve que le plan de cet arc était perpendiculaire au méridien magnétique, et qu'il formait avec l'horizon un angle égal à l'inclinaison de l'aiguille aimantée. A huit

heures quarante-deux minutes, temps moyen, la lumière commença à s'affaiblir du côté de l'est, et à neuf heures vingt-deux minutes on n'en voyait plus aucune trace. Pendant la durée de son apparition, l'arc fut très-tranquille ; il n'en partit aucun jet. Le temps était superbe ; le vent soufflait du sud-est. Chesfield Lodge, où ces observations ont été faites, se trouve par 51° 56′ de latitude, et par 43ˢ de longitude en temps à l'ouest de Greenwich.

Ce même phénomène du 29 septembre a été décrit par M. T. Forster de Boreham en Essex, comme une apparition de la lumière zodiacale. Aux approches de huit heures, cet observateur ne vit pas l'arc tout entier; sa lumière n'était sensible que depuis l'horizon ouest jusqu'au zénith, ou un tant soit peu au delà; le reste de l'arc s'apercevait à peine. A huit heures et demie, la bande lumineuse commençait brusquement vers l'ouest sud-ouest tirant vers le sud, à une hauteur de 5° au-dessus de l'horizon, et se prolongeait jusqu'à 5° du zénith, en sorte qu'au total elle n'avait encore que 90° d'étendue. (A la même heure M. Kater voyait l'arc tout entier.) M. Forster dit que la teinte était rougeâtre et extrêmement vive. (M. Kater décrit la lumière comme tout à fait blanche.) Il aperçut, dans le nord, quelques jets d'aurore boréale; tout avait disparu à neuf heures. Quelle a dû être la cause, je ne dis pas de la différence de position, mais de la différence de forme de la bande lumineuse dans deux lieux si peu éloignés?

Les journaux anglais contiennent une troisième description, datée de Gosport. Là l'observateur (M. Burney je suppose) vit un petit segment lumineux vers le nord ma-

gnétique, à sept heures du soir; la hauteur s'accrut graduellement; à neuf heures, elle était de 26°. Les extrémités du segment correspondaient à l'ouest un peu nord et au nord-est un peu nord. Il en jaillissait des colonnes lumineuses, presque perpendiculaires à l'horizon, et qui montaient jusqu'à 35° : on en compta quarante dans l'espace de quarante minutes. Elles étaient ou légèrement jaunâtres ou d'un rouge très-vif. Une masse de lumière se détacha, sur tous les points, du segment en question à huit heures un quart; cinq minutes après, elle formait un arc très-régulier de 4° 1/2 de largeur, ayant le point culminant à 70° de hauteur. Ses jambes sur l'horizon étaient à l'ouest tirant un peu vers le sud, et à l'est nord-est. La partie orientale disparut à huit heures cinquante minutes. De vives colonnes lumineuses (*streamers*) jaillissaient alors continuellement de la branche occidentale. Cette branche occidentale cessa d'être visible elle-même à neuf heures cinq minutes; cependant on apercevait encore quelques indices près de l'horizon. Quant au segment lumineux d'où l'arc s'était détaché, on le vit jusqu'à dix heures. M. Burney aperçut de faibles lueurs de l'aurore boréale dans les deux soirées suivantes, c'est-à-dire, le 30 septembre et le 1er octobre.

(Je laisse aux physiciens à expliquer comment M. Burney aperçut tant de jets, tant de courants lumineux (*streamers*) à l'heure même où M. Kater n'en voyait aucune trace.)

A Lynn-Regis, M. Utting vit qu'à huit heures le centre de l'arc lumineux passait juste par α de l'Aigle. La plus grande hauteur était de 56°, dans un plan formant avec le

méridien un angle de 25°; ainsi le point culminant se trouvait vers le sud-sud-est. M. Utting pense que l'arc avait 2 ou 3° de large à l'époque de son plus grand éclat; à la fin, suivant lui, il acquit jusqu'à 8 ou 10°. Il fixe l'époque de sa disparition à neuf heures. (*Ann. of Philosophy*, nov. 1828).

Le même phénomène fut observé, près de Londres, depuis six heures du soir jusqu'à minuit. A six heures, l'aurore se montra d'abord au nord-ouest, sous la forme d'un segment de cercle très-brillant, appuyé sur l'horizon. Elle disparut à six heures et demie après s'être élevée jusqu'à 12° de hauteur. A sept heures, l'aurore apparut de nouveau; son maximum d'intensité se trouvait alors au nord magnétique; des colonnes de lumière en jaillissaient perpendiculairement et montaient jusqu'à 20°. A huit heures et un quart, tout s'était évanoui de nouveau; mais à dix heures, l'aurore redevint visible. De nombreuses colonnes de lumière s'élevaient de la base.

L'auteur inconnu de la relation d'où ce qui précède est extrait, pense que les disparitions successives de l'aurore doivent être attribuées à l'existence d'un courant supérieur venant du nord-ouest; mais il ne dit pas comment ce courant pouvait produire un tel effet. Il remarque, en outre, qu'un vent violent du nord-est souffla dans la soirée et dans la nuit. (*Philos. Mag.*, janv. 1829, p. 77.)

La même aurore a été observée, à Plymouth, par M. George Harvey. A huit heures dix minutes, il voyait à l'ouest-sud-ouest une colonne de lumière de 20° de long, élevée d'environ 20° et ayant 1° de large; cinq minutes après, cette colonne s'était déjà considérablement accrue : elle croisait le méridien à 10° du zénith vers le sud. A huit

heures vingt-sept minutes, elle atteignait presque l'horizon vers l'est; alors l'arc avait 4° de large; ses deux bords étaient parallèles et bien terminés; son plan, sauf quelques inflexions visibles seulement dans les parties les plus basses, était perpendiculaire au méridien magnétique, et formait avec l'horizon un angle égal à l'inclinaison de l'aiguille aimantée. La partie occidentale parut toujours de beaucoup la plus brillante. Partout la lumière fut tranquille : seulement, à huit heures quarante-huit minutes, un petit tremblement s'aperçut près des Pléiades.

Pendant toute la durée du phénomène, les 90° de l'horizon compris entre le nord et l'ouest, étaient éclairés d'une forte lumière semblable à celle des brillants crépuscules qui annoncent le lever du soleil dans les belles matinées d'été. (*The Edinb. Journ. of Science*, n° 19, p. 146.)

M. Davis Gilbert, président de la Société royale, a vu l'arc du 29 septembre, près de Penzance, sur les huit heures du soir. Son plan était perpendiculaire au méridien magnétique et sa lumière parfaitement tranquille..

A Dublin, où le même phénomène a été observé, le point culminant se trouvait, dit-on, à sept heures et demie, de 10° au sud du zénith.

Aux États-Unis, le même jour, on a vu des jets brillants à Albany, Cambridge, Saint-Laurent, Utica, Lowville, et on signala également un arc lumineux.

Le 29 septembre, à six heures trois quarts de l'après-midi, la déclinaison marquée par l'aiguille des variations diurnes, était inférieure de plus de 7′ à celle des jours précédents à la même heure. A dix heures vingt-cinq minutes, le dérangement accidentel s'était élevé à 12′,

toujours dans le même sens; la variation diurne fut de 20′ 44″.

Le 30 septembre, jour où M. Burney observa aussi une aurore à Plymouth, l'aiguille fut très-dérangée toute la journée. A huit heures trois quarts du matin, par exemple, la déclinaison surpassait de plus de 20′ celle des jours précédents et suivants : la variation fut de 17′ 9″. Cette aurore a été vue à Dutchess (États-Unis).

Le 3 octobre, une aurore boréale, vue à Cayuga, n'a rien occasionné de remarquable dans la marche de l'aiguille à Paris. La variation ne fut que de 6′ 33″.

Le 8 octobre, on a aperçu une brillante aurore à Albany et à Dutchess. A minuit, on voyait un arc de 5° de large, placé perpendiculairement au méridien magnétique, et qui s'élevait de 10° au-dessus de l'horizon.

Le 8 octobre, l'aiguille horizontale a été fort dérangée à Paris, et la variation s'éleva à 11′ 23″.

Le 11 octobre, une aurore a été vue à Hartwick.

Dans la soirée du 11, l'aiguille horizontale, à Paris, ne fut observée qu'à dix heures un quart : alors elle occupait sa place ordinaire.

« Le lundi (*monday*) 15 octobre 1828, on aperçut, à Perth, dans la soirée, une brillante aurore boréale. Ensuite, quelques minutes avant neuf heures, un pinceau de lumière très-vive commença à se montrer à l'horizon vers l'est; il s'éleva graduellement, et en peu d'instants prit la forme d'un arc qui embrassait tout le firmament. Dans sa position la plus élevée, la largeur de l'arc était d'environ 4°. Mais, à partir de là, elle diminuait graduellement de manière que, vers ses extrémités les plus

basses, vers ses points d'intersection avec l'horizon, l'arc était à peine visible. Ces deux points d'intersection se trouvaient à peu près diamétralement opposés : l'un au nord-est, tirant vers l'est; l'autre au sud-ouest, tirant vers l'ouest. Le point culminant était à 7° au sud du zénith de Perth. L'axe de l'arc (il eût été désirable que l'auteur de la relation se fût servi d'un terme plus précis) resta, pendant toute la durée du phénomène, dans le plan du méridien magnétique. » (*The Edinb. Journ. of science*, janvier 1829, p. 179.)

Le 15 octobre, l'aiguille horizontale de Paris n'a point été notablement dérangée; ainsi voilà une aurore qui paraît n'avoir pas exercé d'action. Je dis seulement *qui paraît*, car il me semble possible qu'il y ait une erreur de date dans la note publiée par M. Brewster. Cette note, en effet, commence ainsi : *Le lundi* (monday) 15 octobre; or, le 15 octobre n'était pas un lundi, mais bien un mercredi.

« Le lundi (*monday*) 29 octobre 1828, on a observé une aurore boréale à Perth, en Écosse, entre dix et onze heures du soir. Les jets lumineux étaient d'une intensité remarquable, et s'élevaient avec une inconcevable rapidité jusqu'au zénith. L'atmosphère paraissait être en feu. » (*The Edinb. Journ. of science*, janvier 1829, p. 179.)

L'aiguille horizontale des variations diurnes eut à Paris une marche assez régulière le 29 octobre; ainsi, voilà une seconde aurore qui semble n'avoir pas agi. Mais par quelle fatalité faut-il encore que je remarque que le 29 octobre était un mercredi, et non pas un lundi comme le porte la note du savant d'Édinburgh! Le 30 octobre, l'aiguille

de déclinaison fut troublée; j'en dirai autant du 26, du 9 et du 8 du même mois.

Le 31 octobre, à Paris, il y a eu au nord un nuage noir extraordinaire, que j'ai regardé comme le précurseur d'une aurore boréale; mais aucun jet lumineux ne s'est montré. L'aiguille était d'environ 5′ écartée de la position habituelle dans la soirée.

Le 8 novembre, une aurore a été vue à Utica (États-Unis).

Les observations de l'aiguille horizontale n'ont pas été assez multipliées à Paris, dans la soirée du 8 novembre, pour qu'on puisse affirmer positivement qu'elle n'a point été troublée; mais, en tout cas, il n'existait aucun dérangement ni le matin, ni à midi, ni à six heures quarante-cinq minutes du soir, ni à onze heures.

Le 11 novembre, M. Erman vit une aurore polaire à Tobolsk (tiré d'une lettre adressée à l'Académie). A Tobolsk, la déclinaison est orientale; le sommet de l'arc de l'aurore correspondait au nord-nord-est. Dansla soirée, à Paris, l'aiguille était légèrement déviée de la position habituelle.

Le 1er décembre, une aurore boréale fut observée à Manchester, à six heures du soir, par M. Blackwall. Sa lumière était pâle et blanche; elle formait un arc de 4 à 5° de largeur, dont le plan parut perpendiculaire au méridien magnétique. Son point culminant se trouvait élevé d'environ 30°. A six heures dix minutes, l'arc commença à s'affaiblir, et bientôt il disparut entièrement; mais ensuite on aperçut des jets lumineux ascendants qui partaient d'une faible lueur située à l'horizon et sur le pro-

longement du méridien magnétique. A Wirksworth, dans le Derbyshire, on vit l'aurore à neuf heures et demie; là il n'y avait aucune trace d'arc. Cette aurore a été aperçue aux États-Unis, à Chuton et à Schenectady.

Une aurore boréale a été observée à la même date par M. Erman, à Beresow en Sibérie (latitude 63° 56′).

Cette aurore, au dire de M. Erman, augmenta l'incli-clinaison de 8′.5. (Tiré d'une lettre manuscrite de M. Erman.)

Quoique la déclinaison, à Beresow soit orientale, le sommet de l'arc de l'aurore était nord-nord-ouest, dit M. Erman. Si l'arc dont parle M. Erman était détaché, la remarque doit paraître importante; si par arc on entend le contour supérieur d'un segment lumineux appuyé sur l'horizon, on pourra citer cent exemples pareils observés dans nos climats.

Le 1er décembre, l'aiguille horizontale des variations diurnes éprouva toute la journée de notables perturbations. Le matin, la déclinaison était plus grande qu'à l'ordinaire; le soir, au contraire, elle était plus petite. A onze heures vingt-huit minutes, la perturbation s'éleva à plus de 22′.

L'aurore observée à Bérésow par M. Erman fils donne lieu à remarquer qu'elle se trouvait sans doute sous l'influence du second pôle magnétique boréal, c'est-à-dire du pôle asiatique; toutefois, comme les aurores de nos climats, elle transporta le matin la pointe nord de l'aiguille de déclinaison à l'occident de sa position normale, et le soir considérablement à l'orient.

M. Blackwall a vu, à Manchester. le 26 décembre,

à six heures du soir, un arc lumineux d'aurore boréale parfaitement tranché, et dont le plan était perpendiculaire au méridien magnétique. Cet arc s'élevait graduellement au-dessus de l'horizon. A six heures vingt minutes, son point culminant se trouvait à 20° de hauteur; il augmenta et diminua d'intensité à plusieurs reprises. Après sa disparition totale, il resta une lumière faible au nord magnétique.

La même aurore a été vue à Hull, depuis six heures jusqu'à sept heures. Au moment de sa plus grande hauteur, l'arc y parut être à 25°.

A Gosport, M. Burney n'aperçut que de faibles lueurs de ce phénomène.

A six heures trois quarts la déclinaison de l'aiguille, à Paris, était de 9′ plus petite qu'à l'ordinaire. Ce dérangement fut de courte durée.

M. Burney a vu à Gosport, en décembre, une seconde aurore dont il n'a pas donné la date. D'après les dérangements de l'aiguille, on peut supposer que l'observation a été faite le 3, le 15 ou le 28.

Le 28 décembre, à six heures trente minutes du soir, M. Farquharson, dans l'Aberdeenshire, commença à apercevoir dans le nord magnétique un arc qui s'éleva, se dissipa et se reforma en présentant constamment la même marche à cinq reprises différentes. On vit un moment trois arcs concentriques. (*Transac. philos.* de 1829, p. 118.)

A Paris, l'aiguille de déclinaison était sensiblement dérangée dès le matin. La variation s'éleva à 15′ 54″.

§ 11. — Année 1829.

Le 2 janvier, M. Marshal a vu une brillante aurore à Kendal, près de Manchester.

Le 2 janvier, à sept heures trois quarts du soir, l'aiguille aimantée, à Paris, était d'environ 5′ 1/2 plus orientale qu'à pareille heure les jours précédents et suivants. A huit heures, la déviation accidentelle n'allait plus guère que de 3′ 1/2; à dix heures un quart, tout était rentré dans l'ordre accoutumé.

L'aurore du 2 janvier a aussi agi sur l'aiguille verticale. En hiver, cette aiguille varie à peine du matin au soir; mais, quand il y a un changement sensible, l'inclinaison diminue entre la première et la seconde de ces deux époques. Le 2, au contraire, elle a augmenté d'environ 1′. Je n'ajoute plus qu'une simple remarque, mais elle a quelque intérêt : c'est qu'un observateur qui, à Paris, se serait contenté de consulter l'aiguille dans la soirée du 2 janvier, à sept heures un quart et à dix heures un quart, n'aurait pas soupçonné l'existence de l'aurore boréale. Les faits négatifs concernant l'influence magnétique de ce phénomène lumineux ne sauraient donc avoir de l'importance qu'autant que les observations ont été très-multipliées.

Le 27 janvier, on a vu à Cambridge (Amérique), une aurore boréale. A Paris, il y a une faible mais réelle action perturbatrice sur l'aiguille horizontale.

Les 30 et 31 janvier, on signale encore à Cambridge des aurores boréales. A Paris, le soir, on a vu un mouvement sensible de la pointe nord de l'aiguille vers l'est.

Le 11 février, mon illustre ami Alexandre de Humboldt a vu, à Berlin, de faibles traces d'une aurore boréale.

Le 11 février, l'aiguille horizontale a été très-notablement troublée à Paris. A midi vingt-cinq minutes, elle se trouvait à l'occident de sa position ordinaire de plus de 7'. A onze heures quarante-cinq minutes du soir, le changement en sens contraire s'élevait à près de 2′ 1/2. On ne saurait dire quelle a été la valeur *maximum* de la perturbation, notre registre ne fournissant aucune observation dans l'intervalle de cinq heures trois quarts à onze heures trois quarts. L'amplitude totale de la variation diurne observée s'éleva à 14′ 58″.

Le 21 mars, l'aiguille des variations diurnes de déclinaison est fort agitée à Paris dans la soirée. La variation totale s'élève à 18′ 33″. Cependant on ne voit rien dans le nord qui puisse faire soupçonner l'existence d'une aurore boréale, et je n'ai pas trouvé ce phénomène indiqué à cette date dans les journaux scientifiques. L'aiguille d'inclinaison a aussi présenté une variation de 2′.2.

Le lundi 23 mars, vers deux heures un quart du matin, M. Thomas Maclear de Biggleswade, en Angleterre, aperçut un arc lumineux qui s'élevait de la partie orientale de l'horizon, en se dirigeant vers la grande Ourse. Dans l'espace de deux minutes, cet arc se partagea en trois branches, ensuite en quatre; plus tard, on en compta jusqu'à cinq, mais ce nombre se réduisit bientôt à deux. Ces diverses branches étaient toujours réunies près de l'horizon, ce qui, comme on sait, n'est pas le caractère ordinaire des arcs multiples de l'aurore boréale; mais ce qui ne peut laisser aucun doute sur la nature du phéno-

mène, c'est que des jets lumineux partant de l'ouest montaient de temps en temps jusqu'à 10° de hauteur, et que, malgré le clair de lune, des traces d'aurore boréale se montrèrent au nord, tout près de l'horizon.

Dans la matinée du 22 mars, l'aiguille horizontale avait été notablement dérangée. Le soir, elle ne fut observée qu'à dix heures quarante minutes, et sa déclinaison se trouvait de près de 3′ 1/2 plus petite que celle des jours précédents et suivants à pareille heure. La variation totale monte à 14′ 39″.

Le 4 avril, une aurore boréale a été observée à Utica (Brewster, janvier 1031, p. 80).

Le 4 avril, dans la matinée, des cultivateurs qui se rendaient au marché de Dieppe, en partant de villages éloignés les uns des autres de plusieurs lieues, virent tous dans le ciel une traînée de feu qui paraissait très-large dans le bas et se terminait en pointe. Cette traînée répandait autant de clarté que la lune dans son plein.

Je dois la connaissance de ce phénomène à M. Nell de Bréauté. Je le range, malgré tout ce que sa description offre d'imparfait, parmi les aurores boréales, parce que l'aiguille aimantée, dans la matinée du 4 avril, présente à Paris une marche remarquable. En effet, les dérangements de la boussole furent très-sensibles dans la nuit du 3 et dans la matinée du 4. A la première de ces époques, la pointe nord de la boussole était trop orientale; à la seconde, le dérangement, au contraire, s'était opéré vers l'occident. La variation totale de déclinaison fut de 13′ 34″.

Une aurore boréale est indiquée pour le 5 avril à Low-

ville, dans le journal de Brewster de janvier 1831, p. 80.

A Paris, à six heures trois quarts du soir, l'aiguille était de 4′ plus orientale qu'à l'ordinaire.

Le 8 avril, on vit encore une aurore boréale à Lowville. Elle ressemblait à un nuage brillant. Près de l'horizon, on remarqua une lumière constante pendant plusieurs heures (Brewster, janvier 1831, p. 80). A Paris, l'aiguille fut très-dérangée dans la matinée du 9; elle était de 6′ plus horizontale que la veille.

Le 2 mai, à Paris, le ciel est complétement couvert; mais cependant, dans le nord, on aperçoit à une certaine hauteur au-dessus de l'horizon une lueur assez vive et qui contraste avec l'obscurité des nuages inférieurs. L'aiguille de déclinaison est très-dérangée le soir, et la variation totale est de 21′ 40″.

Le 29 mai, à Saint-Laurent (Amérique), on voit une aurore peu remarquable quant à l'intensité. A Paris, il y a un faible effet sur la déclinaison. La variation totale monte à 14′ 21″.

Le 31 mai, à Utica (Amérique), on signale encore une aurore peu remarquable quant à l'intensité. A Paris, il y a une perturbation occidentale notable à une heure trois-quarts du soir. La variation totale est de 13′ 24″.

Le 1er juin, à Cambridge, à Franklin, etc. (Amérique), on voit une aurore brillante avec plusieurs arcs concentriques. Il y a eu à Paris une perturbation orientale le matin. Le soir, on n'observa qu'une fois.

Le 2 juin, à Cambridge, Utica, etc. (Amérique), on a vu une aurore boréale. A Paris, nos registres donnent une perturbation orientale de l'aiguille horizontale à neuf

heures et demie du soir. On ne voyait aucune trace d'aurore, quoique le ciel fût serein. L'amplitude de la variation observée fut de 20′ 16″.

Le 7 juin, à Schenectady (Amérique), on note encore une aurore boréale; mais je n'observe à Paris aucun dérangement.

Le 14 juin, à Saint-Laurent (Amérique), l'aurore boréale signalée coïncide avec une petite perturbation occidentale remarquée vers midi; la variation totale est de 15′ 7″.

Le 21 juin, à Sough-Keepsie (Amérique), on voit une aurore boréale, qui n'est signalée à Paris par aucun dérangement notable. La variation totale n'est que de 8′ 53″.

Le 25 juillet, dans la soirée, M. Marshal, à Kendal, a vu une aurore boréale très-brillante (*The Edinb. journ. of science*, n° 2, p. 317). Dalton indique aussi une aurore boréale à Manchester, à onze heures du soir.

Les dérangements de l'aiguille, le 25 juillet, ont été beaucoup plus forts le matin que le soir. La variation totale de déclinaison fut de 10′ 36″; celle d'inclinaison s'est élevée à 5′.

Le 25 août, on a vu une aurore boréale à Poug-Keepsie (Brewster, janvier 1831). Les observations de Paris, trop peu nombreuses du reste, donnent une variation de 12′ 28″.

Le 26 août, à Cambridge, Utica, etc. (Amérique), on a vu une aurore brillante. A Paris, à onze heures du soir, l'aiguille était de 12′ plus orientale qu'à l'ordinaire, et la variation totale fut de 24′ 10″.

Le vendredi 18 septembre, on a vu une très-brillante aurore boréale aux États-Unis d'Amérique (par 40° 35′ de lat. N. et 64° 18′ de long. O. de Greenwich), à neuf heures du soir. Les jets étaient très-mobiles et changeaient de couleur au point d'être tantôt rouges, tantôt bleus, ou de toutes les nuances intermédiaires. (*Journ. de Silliman*, vol. XVIII, 1830, p. 393.)

L'aurore du 18 a été vue à Albany et à Utica, mais on ne dit rien de son éclat (Brewster, janvier 1831, p. 81). A Paris, à six heures du soir, l'aiguille était plus à l'occident qu'à l'ordinaire et même qu'à onze heures un quart, d'une quantité très-sensible. La variation totale fut de 15′ 54″.

Le 19 septembre, on a vu une aurore boréale à Manchester dès huit heures trente minutes du soir (communiqué par Dalton).

Cette aurore du 19 a été aperçue aux États-Unis d'Amérique (par 40° 35′ de latitude et 64° 18′ de longitude O. de Greenwich) vers neuf heures de l'après-midi (*Journal de Silliman*, vol. XVIII, 1830, p. 393). A Albany et à Clinton, elle formait un arc d'environ 65° d'amplitude; des jets s'en élevaient en se dirigeant vers le zénith. A Saint-Laurent, on l'aperçut depuis huit jusqu'à neuf heures du soir (Brewster, janvier 1831, p. 81). A Paris, l'aiguille, à une heure et demie du soir, était plus occidentale qu'à l'ordinaire de 3 à 4′, et, à onze heures du soir, la perturbation orientale se montrait à plus de 7′. La variation totale fut 20′ 54″.

Les journaux de Paris, du 23 septembre, annoncèrent qu'une brillante aurore boréale s'était montrée dans la

nuit du 21 au 22, et que le public l'avait observée sur les ponts depuis neuf heures jusqu'à onze heures et demie.

J'ai appris, par M. le capitaine Sabine, que M. Farquharson a observé des aurores boréales dans l'Aberdeenshire, le 21 et le 22 ; mais elles n'auraient produit sur son aiguille de déclinaison aucun dérangement appréciable.

A Paris, le 21 septembre, l'aiguille se trouvait dans sa position habituelle, à six heures après midi, qui est la seule époque de la soirée où on l'ait observée ; mais à midi précis, on avait noté une perturbation occidentale d'environ 6′. M. Farquharson, en Écosse, ne vit aucun dérangement dans son aiguille ; mais je crois qu'il ne l'observa attentivement que le soir.

A Paris, le 22 septembre, l'aiguille a été probablement dérangée d'une manière très-sensible dans la soirée ; car le 23, à minuit vingt-cinq minutes, sa pointe nord était plus orientale qu'à l'ordinaire de plus de 4′.

Le 26 septembre, on a vu une brillante aurore à Albany, à neuf heures et demie du soir. Il en partait des jets qui s'élevaient jusqu'à l'étoile polaire (Brewster, janvier 1831, p. 84). Dans l'Aberdeenshire, l'aurore a été vue, mais elle a paru sans action sur l'aiguille de M. Farquharson (*Trans.*, 1830, p. 105). A Paris, on ne constata non plus aucune déviation.

Le 1er octobre, dans l'Aberdeenshire, on signale une aurore sans action sur l'aiguille de M. Farquharson (*Trans.*, 1830, p. 105). A Paris, il y eut quelques petites irrégularités dans la marche de l'aiguille de déclinaison, entre huit heures du soir et minuit.

Le 3 octobre, à Manchester et dans l'Aberdeenshire, on

vit une aurore, tandis que l'aiguille de M. Farquharson n'accusa aucune perturbation. A Paris, à sept heures et à sept heures un quart du soir, la pointe nord de l'aiguille était de plus de 4′ à l'occident de la position moyenne correspondante à ces heures. Il n'y eut pas d'observations pendant le reste de la soirée.

Il est rare que l'aiguille soit aussi souvent et aussi fortement dérangée qu'elle l'a été pendant les trois derniers mois de 1829. Voici la liste des jours durant lesquels les perturbations m'ont paru assez notables pour devoir, je crois, être attribuées à des aurores boréales :

Octobre, les 4, 9, 10, 11, 12, 21, 22, 24, 25 et 30;
Novembre, les 10, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 24 et 26;
Décembre, les 7, 14, 19, 20, 21 et 23.

Le 6 octobre ne figure pas dans cette liste. Ce jour-là, en effet, la marche de l'aiguille me sembla régulière. Je l'avais observée à cinq heures vingt minutes, à sept heures, à huit heures, et à onze heures trente minutes. Se serait-il manifesté, entre huit heures et onze heures et demie, une grande perturbation qui n'aurait été ni précédée de quelque dérangement à huit heures, ni suivie d'aucune altération dans la déclinaison à onze heures? Cela n'est guère probable, quoique la possibilité ne puisse être niée. Au reste, au point où la question est parvenue, les aurores qui n'agiraient pas sur l'aiguille aimantée auraient maintenant plus d'intérêt pour la science que celles qui altèrent visiblement la déclinaison; aussi doit-on attendre avec impatience la publication des observations de M. Farquharson.

Voici, comme exemple, le tableau détaillé de la marche

de l'aiguille aimantée à Paris, le 11 octobre 1829, pendant l'une des aurores vues par M. Farquharson, dans l'Aberdeenshire :

Heures.			Aiguille horizontale.			Aiguille d'inclinaison.		
7h	0m	matin	22°	4′	50″	67°	39′	45″
7	35			2	50		39	25
8	0			3	45		41	0
8	15			3	15		41	25
8	40			4	59		41	45
9	0			5	35		42	50
9	25			7	0		42	35
10	0			9	40		42	0
10	30			12	00		43	0
Midi	0			14	20		41	20
Midi	20			14	20		41	5
Midi	50			14	45		41	0
1	45			13	20		40	55
2	0			12	55		40	20
3	45			13	40		41	25
4	45			12	10		42	15
6	15			3	5		43	10
6	30			8	15		42	55
7	20			6	5		44	15
7	30		21	57	0		43	15
7	35			56	25		41	40
7	40		22	2	40		41	15
7	45			5	15		41	40
7	50			7	30		42	5
7	55			8	50		43	15
8	0			7	45		43	50
8	5			7	30		44	25
8	10			4	10		45	20
8	15		21	56	45		45	50
8	20			53	30		43	45
8	25			58	10		42	40
10	15		22	8	40		44	5
10	30			5	35		43	5
10	45		21	57	30		42	15
10	52			56	45		″	
11	0			57	0		43	20

Heures.	Aiguille horizontale.	Aiguille d'inclinaison.
11h 15m soir	21° 55′ 40″	»
11 30	54 45	67° 44′ 20″
11 37	56 25	»

Lorsqu'on compare ces observations à celles qui ont présenté une marche régulière les jours précédents et les jours suivants, on trouve que l'aiguille de déclinaison était déjà dérangée à midi, le 11, et que sa direction se trouvait trop occidentale de près de 2′ 1/2. L'incertitude dans les observations d'inclinaison ne va pas à 10″.

Après avoir examiné attentivement le tableau précédent, on n'apprendra pas sans une extrême surprise qu'à Alford, dans l'Aberdeenshire, l'aiguille de M. Farquharson n'a éprouvé, le 11 octobre, aucun dérangement. Ce savant distingué dit, en propres termes, que de huit heures à huit heures vingt minutes du soir, son aiguille était tranquille et dans sa position ordinaire. Eh bien, à Paris, entre les heures que M. Farquharson indique, la déclinaison varia de plus de 9′, et elle se trouvait très-différente de sa valeur ordinaire.

Le 17 octobre, à Manchester (Angleterre), on a vu une brillante aurore à six heures et demie du soir. A Paris, l'aiguille de déclinaison n'offrit aucune anomalie remarquable, du moins jusqu'à sept heures un quart.

Le 21 octobre, à Utica et à Cambridge (Amérique), on signale une aurore. A Paris, à midi, la pointe nord de l'aiguille horizontale se trouvait de près de 3′ à l'occident de sa position ordinaire, tandis que, à huit heures trois quarts du soir, par exemple, la déviation en sens contraire ou vers l'orient, était de plus de 5′. La variation totale a été de 16′ 22″.

Le 24 octobre, à Saint-Laurent (Amérique), on voit une aurore qui est aussi signalée en mer, par 44° de latitude nord et 52° 30′ de longitude à l'ouest de Greenwich, par le jeune savant colombien M. Acosta. A Paris, suivant une règle qui offre peu d'exceptions en temps d'aurore boréale, la perturbation de l'aiguille était occidentale le matin et vers midi, tandis que le soir elle devint orientale. A huit heures un quart du matin, l'anomalie était de 6′; à midi un quart, de plus de 5′, et à six heures un quart du soir, de 13′ ou 14′. La variation totale est de 22′ 27″.

On vit une aurore le 25 octobre à Kendal (Angleterre) et en Aberdeenshire (Écosse). A Kendal, l'aurore, d'après M. Marshal, se composait de cinq bandes parallèles. A Paris, le matin, à sept heures et demie, l'aiguille était de 5′ à l'occident de sa position ordinaire; à midi, le dérangement était de 6′ dans le même sens; à six heures et demie du soir, de 6′ en sens contraire ou vers l'orient. A Alford, l'aiguille de M. Farquharson ne fut pas dérangée le 25 octobre.

On signale une aurore le 27 octobre à Delaware (Amérique); mais il ne paraît pas parfaitement certain, d'après la description, que la lumière fût celle d'une aurore boréale. En tout cas, son action à Paris a été inappréciable.

On a aperçu, durant la soirée du 30, vers la région du nord, des lueurs blanchâtres qui, dans toute autre localité, auraient pu être considérées comme des indices d'aurore boréale; mais les réverbères de Paris ont pu donner des effets de ce genre. Il y a eu en outre, pendant très-longtemps, à l'est-nord-est, un nuage lumineux d'un éclat variable et qui n'a pas changé de place. Ce nuage a attiré

l'attention de beaucoup de personnes. Il n'y avait aucune étoile très-brillante dans cette région du ciel. L'amplitude totale de la variation fut de 18′ 15″.

On a vu, le 9 novembre, à Lowville (Amérique), une aurore brillante. A Paris, il y eut un dérangement considérable de l'aiguille vers l'occident durant la matinée, et de midi à une heure et demie. Le soir, tout était à peu près dans l'état ordinaire.

Le 17 novembre, une aurore boréale est observée dans l'Aberdeenshire. A six heures un quart, on voit un arc de lumière nébuleuse ayant son sommet dans le *méridien* magnétique à 20° de hauteur. Des arcs concentriques s'élèvent les uns après les autres et disparaissent dès qu'ils sont arrivés à 20° d'élévation. A onze heures, l'une des moitiés d'un de ces arcs devient très-brillante. A cette heure, l'aiguille de M. Farquharson n'était pas dérangée (*Trans. phil.*, 1830, p. 102). A Paris, on observa une perturbation occidentale le matin, et le soir, comme de coutume, une variation orientale. La variation totale fut de 13′ 47″.

Le 18 novembre, dans l'Aberdeenshire, on voit l'aurore dès six heures du soir. A huit heures, on aperçoit des arcs très-brillants; à la hauteur de 20°, il y a des jets verticaux (*Phil. trans.*, 1830, p. 102). Cette aurore n'a pas agi sur l'aiguille de M. Farquharson (*Phil. trans.*, 1830, p. 105). A Paris, le ciel était serein, mais on ne vit, dans la soirée, aucune trace d'aurore boréale. L'aiguille était de 9′ trop orientale à six heures et demie du soir; trois minutes après, elle était déjà revenue vers l'occident de 6′ 1/2; à six heures trente-sept minutes, elle se trouvait

un peu plus occidentale que de coutume, et cela mérite d'être remarqué, sinon pour la valeur, du moins quant au sens du dérangement, car le soir la perturbation se manifeste presque toujours vers l'orient; à six heures trois quarts, l'aiguille était à peu près rentrée dans sa position habituelle et elle s'y maintint toute la soirée. La variation totale fut de 14′ 2″.

Le 19 novembre, à Saint-Laurent (Amérique) et dans l'Aberdeenshire (Écosse), on vit une aurore faible dont les jets s'élevaient de temps en temps jusqu'au zénith. A Paris, on n'aperçut aucune trace d'aurore, quoique le ciel fût serein. Le matin, de sept heures et demie à sept heures cinquante minutes, l'aiguille était sensiblement plus occidentale que de coutume. Le soir, on n'observa pas.

Une aurore boréale a été observée à Londres le 14 décembre, dès six heures du soir, d'après une communication de Dalton. Elle parut très-brillante dans l'Aberdeenshire où M. Farquharson l'observa (*Transac. philos.* 1830). A Gosport M. Berney aperçut aussi cette aurore. A six heures, on voyait une vive lumière au nord magnétique. Il s'en éleva quatorze colonnes de lumière à des hauteurs comprises entre 10 et 20°. A six heures un quart, il se forma un arc bien terminé de 3° de large et dont la plus grande hauteur était de 16°. Ses jambes correspondaient au nord un peu est et au nord-ouest un peu ouest. La teinte de l'arc était angulaire et disparut presque subitement. Plusieurs météores lumineux traversèrent l'arc (*Phil. mag.*, fév. 1830). A Paris, il y eut une perturbation considérable vers l'occident à une heure et à une heure vingt minutes de l'après-midi; le soir, le dérangement

s'était effectué vers l'orient, mais il surpassait à peine 2'. La variation totale fut de 13' 25''.

Le 19 décembre, une aurore boréale, qui n'eut rien de remarquable, fut vue à Schenectady (*Journ. Brew.*, p. 81). Dans l'Aberdeenshire, elle parut très-brillante à onze heures et demie du soir au nord. Les jets lumineux s'élevaient jusqu'au zénith. L'aurore était visible en même temps à l'horizon sud (*Trans. phil.*, 1830, p. 103 et 104). A Paris, les observations de l'aiguille nous la montrèrent considérablement à l'occident de sa position ordinaire depuis onze heures et demie du matin jusqu'à deux heures et demie du soir. Le soir, et surtout entre neuf heures et minuit, il y avait aussi dérangement très-notable, mais vers l'orient. La variation totale fut de 20' 54''. A Alford, l'aiguille de M. Farquharson fut aussi considérablement troublée dans sa marche.

Le 20 décembre, dans l'Aberdeenshire, on observa une aurore splendide depuis huit heures et demie jusqu'à onze heures du soir (*Phil. trans.*, 1830, p. 104). A Paris, à une heure de l'après-midi, il y eut 8' de dérangement occidental; à onze heures du soir, 6' de perturbation orientale. La variation totale s'éleva à 21'. M. Farquharson affirme que son aiguille n'a pas été troublée; mais l'a-t-il observée fréquemment?

Le 28 décembre, à North-Salem (Amérique) on vit une aurore brillante; mais à Paris, l'aiguille n'a pas été dérangée sensiblement.

§ 12. — Année 1830.

Le 25 janvier, dans l'Aberdeenshire, il y eut une au-

rore présentant une succession d'arcs qui s'élevèrent peu. De temps en temps, elle était accompagnée de jets brillants. A Paris, à une heure après midi, l'aiguille était d'environ 3′ à l'occident de sa position habituelle. Le soir, à neuf heures, la déviation en sens contraire, ou vers l'orient, n'était guère que de 1′ 5″. La variation totale fut de 10′. Aucun dérangement ne se manifesta dans l'aiguille de M. Farquharson, à Alford; mais, si je ne me trompe, comme je l'ai déjà dit, ce physicien n'observe attentivement la déclinaison que le soir.

Le 28 janvier, M. Marshal a vu à Kendal une très-brillante aurore boréale, dans la soirée (*Journal de Brewster*). Dans l'Aberdeenshire, on aperçut des arcs très-brillants, mais peu élevés, à huit heures.

A Paris, à 6^h 1/4 du soir,	perturbation	occidentale	de près de	8′.
$8^h 25^m$	—	orientale	—	4′.
8 27	—	—	—	10′.
8 30	—	—	—	12′.
8 35	—	—	—	10′.
8 57	—	—	—	9′.
8 45	—	—	—	9′.

La variation totale fut de 15′ 17″.

A Alford (Aberdeenshire), l'aiguille de M. Farquharson était :

A 8^h dans sa position ordinaire.
A 8^h 1/2 orientale de 21′ 30″.
A 9^h 55^m oscillante dans une étendue de 30′.

Je ne puis pas comparer une à une ces observations à celles de Paris, ne sachant pas si M. Farquharson emploie le temps vrai, comme il paraît naturel de le faire, ou le temps moyen.

Le 19 février, M. Marshal vit, à Kendal, une aurore boréale assez apparente, mais d'où il ne s'éleva aucun jet (*streamer*) perceptible (*Journal de Brewster*). A Paris, forte perturbation occidentale, depuis le matin jusqu'à trois heures, et perturbation orientale à neuf heures trois-quarts du soir. La variation fut de 13′ 53″.

Le 18 mars, à Manchester (Angleterre), une aurore très-belle, vive et élevée, fut aperçue, d'après ce que m'apprend Dalton. A Paris, à six heures quarante minutes du soir, l'aiguille était plus orientale qu'à l'ordinaire de plus de 17′. La variation totale s'éleva à 25′ 44″.

Le 24 mars, dans l'Aberdeenshire, il y eut une aurore brillante. A Paris, l'aiguille n'a éprouvé de dérangement sensible ni le matin ni le soir. Celle de M. Farquharson, au contraire, a été considérablement dérangée.

A	9^h	5^m,	de 32′ vers l'ouest.
Vers	9	10	de 25′ vers l'est.
Vers	9	15	de 34′ vers l'ouest.

Le 19 avril, à Manchester, Edinburgh, York, etc., on a vu une aurore très-brillante depuis neuf heures du soir jusqu'à minuit. A Paris, à une heure de l'après-midi, l'aiguille était plus occidentale que d'habitude de plus de 3′. A dix heures quarante minutes du soir, la perturbation en sens contraire, ou orientale, s'élevait à près de 12′. Le ciel alors était serein, mais on n'apercevait pas d'aurore.

On dit qu'il y a eu une aurore boréale le 24 avril ; mais Dalton, qui me donne cet avertissement, ne l'a pas vue lui-même. L'aiguille, peu observée d'ailleurs à Paris, ne m'a rien indiqué de remarquable.

Les journaux ont annoncé que, le 5 mai à minuit, on vit à Saint-Pétersbourg une aurore boréale magnifique. Les rayons, disent-ils, formaient un immense demi-cercle où ils paraissaient successivement rouges, blancs, verdâtres, puis ils s'effaçaient presque, et un moment après, ils recommençaient à briller et s'élançaient en longues pointes jusqu'au zénith.

Que doit-on entendre par le 5 mai à minuit? Est-ce le minuit qui sépare le 4 du 5 mai, ou bien le minuit intermédiaire entre le 5 et le 6? Dans l'une comme dans l'autre hypothèse l'aurore a agi à Paris.

M. Kupffer a vu l'aurore, à Saint-Pétersbourg, jusqu'à deux heures du matin du 6 mai (*Royal Institution*, n° 2, p. 429).

A Paris, il y eut de grands dérangements dans la soirée du 5 mai :

A	8h	5m,	temps vrai,	de plus de	7′	vers l'orient.
A	9	10	—	—	5′	*id.*
A	10	10	—	—	5′	*id.*
A	10	45	—	—	17′	*id.*
A	10	50	—	—	9′	*id.*
A	11	0	—	—	9′	*id.*
A	11	10	—	—	11′	*id.*
A	11	30	—	—	17′	vers l'occident !
A	11	40	—	—	8′	vers l'orient.
A	11	45	—	—	13′	*id.*
A	11	52	—	—	19′	*id.*
A	minuit		—	—	14′	*id.*

Le lendemain matin, il y avait encore dérangement, mais c'était vers l'occident. A neuf heures trois quarts, ce dérangement était de près de 9′. Dans la soirée du 5, l'aiguille d'inclinaison éprouvait aussi parfois en très-

peu d'instants des variations de 3 à 4'. A Saint-Pétersbourg, l'aiguille horizontale de M. Kupffer a été considérablement dérangée dans la nuit du 5 au 6 mai. Quoique je ne sache pas si les heures des observations se trouvent exprimées en temps vrai ou en temps moyen, je puis affirmer, je crois, que les grands mouvements ne se sont opérés ni aux mêmes époques, ni toujours dans le même sens, à Saint-Pétersbourg et à Paris. Ainsi, à onze heures et demie, par exemple, la perturbation sur notre boussole était de 17' occidentale, tandis qu'à Saint-Pétersbourg, à treize heures vingt minutes (correspondant à onze heures vingt-huit minutes de Paris), on observait un dérangement de 12' vers l'orient.

Le 20 août, à Kendal (Angleterre), on vit une brillante aurore boréale. Le gardien d'un phare, en Écosse, a vu des aurores boréales les 7, 10, 12, 13, 17, 19, 20, 21, 24 et 25 septembre.

A Gosport, le 7 septembre, on aperçut une aurore de huit heures trois quarts du soir à neuf heures; le lendemain, on vit encore des traces du même phénomène. Le 17 septembre, une aurore parut très-brillante. M. Kupffer vit celle du 13 à Saint-Pétersbourg. Malheureusement, pendant une grande partie du mois de septembre et les premiers jours d'octobre, une maladie de l'observateur de Paris avait interrompu les observations magnétiques.

Le 5 octobre, à Gosport (Angleterre), on vit une aurore.

Le 5 octobre, le capitaine Godreuil, du navire *le Général Foy*, a aperçu en mer, une brillante aurore boréale. Il était alors par 42° 20' de latitude N. et 37° 19' de longitude O. (*National* du 28 octobre).

Le 6 octobre, une aurore fut observée en mer par M. Acosta. Des jets s'élevèrent jusqu'à 50° et 60°. Elle cessa tout à coup à sept heures vingt-cinq minutes en mer (longitude 52° 30′ de Greenwich; latitude 44°).

Le 16, on vit une aurore boréale à Gosport, depuis dix heures jusqu'à dix heures et demie. Les colonnes lumineuses auxquelles elle donna naissance montèrent jusqu'à β de la grande Ourse (*Philos. Magaz.*, décembre 1830). A Paris, entre sept heures trois quarts du soir et neuf heures trente-neuf minutes, l'aiguille se maintint constamment dans une direction beaucoup plus orientale que sa position habituelle. Le ciel était serein, mais l'on n'aperçut aucune trace d'aurore.

Le 17 octobre, il y eut une aurore à Gosport. Elle ne donna naissance à aucune colonne (*Phil. mag.*, décembre 1830).

Le 1er novembre, une brillante aurore boréale fut observée à Gosport, à neuf heures, par M. Burney, entre le nord et l'ouest. A neuf heures dix-huit minutes, les jets commencèrent à s'élever. Ces jets étaient resplendissants, quoique la lune presque pleine fût à 30° de hauteur (*Phil. mag.*, janv. 1831, p. 79). A Paris, à neuf heures du soir, l'aiguille était à l'orient de sa position ordinaire d'environ 8′. La variation totale fut de 16′ 32″.

Le 4 novembre, à Gosport, il y eut une aurore visible dès sept heures du soir. Les jets lumineux ne se formèrent qu'à huit heures, et montèrent à 22° de hauteur. Le phénomène disparut à neuf heures. La lune était alors sur l'horizon. A Paris, il y avait dans la position de l'aiguille une perturbation occidentale sensible à une heure après

midi, et un commencement de perturbation orientale dès sept heures quarante minutes du soir. A sept heures cinquante-cinq minutes, ce dérangement était considérable; il existait encore à dix heures quinze minutes. La variation totale s'éleva à 18′ 43″.

Une faible aurore fut encore observée à Gosport, entre sept heures et dix heures du soir, le 7 novembre. Il n'en partit aucun jet (*Phil. mag.*, janv. 1831, p. 79). La variation totale à Paris fut de 22′ 36″.

Le 7 décembre, une aurore boréale fut observée à Christiania par M. Hansteen (tiré d'une lettre manuscrite de M. Erman). A Paris, il y eut une déviation occidentale de l'aiguille de plus de 15′ à une heure trois quarts de l'après-midi, et de plus de 20′ à six heures vingt-cinq minutes. A sept heures cinq minutes, le dérangement était oriental. Entre une heure vingt minutes et six heures vingt-cinq minutes, le dérangement s'accrut de 8′.

Une brillante aurore boréale fut observée le 11 à Gosport, dès huit heures et demie du soir. A deux heures du matin, les nuages s'étant dissipés, le phénomène se présenta dans toute sa majesté. Les jets ascendants qui en émanaient avaient dans leur maximum 2° de large et 30° de hauteur; leur teinte était rouge ou pourpre. A Paris, à huit heures du soir, l'aiguille était plus orientale qu'à l'ordinaire. La variation observée fut de 13′ 25″.

Le 12, on vit à Gosport une faible aurore boréale depuis six heures jusqu'à dix heures. Elle s'étendait du nord-nord-est au nord-ouest. L'arc qui la terminait avait 8° de hauteur (*Phil. mag.*, fév. 1831). L'aurore fut encore aperçue les 13 et 14. A Paris, dès six heures trois quarts du soir,

l'aiguille était considérablement à l'orient de sa position habituelle. La variation totale fut de 16′ 32″. Le lendemain 13, à huit heures du matin, le dérangement était aussi très-sensible, mais vers l'occident.

Le 25 décembre, une brillante aurore se montra encore à Gosport, depuis sept heures du soir jusqu'à minuit. L'arc qui la terminait dans la première partie de la nuit s'étendait du nord-nord-est jusqu'à l'ouest-nord-ouest. Il en partait de nombreuses colonnes verticales colorées (*Phil. mag.*, fév. 1831).

M. Hansteen écrivait à M. Erman, en date du 29 décembre 1830 : « Depuis la fin de juillet, on a observé ici, à Christiania, trente-cinq aurores boréales qui toutes furent accompagnées de mouvements considérables de l'aiguille de déclinaison. » Parmi celles qui eurent le plus d'effet, il cite particulièrement celles du 6 et du 7 octobre. A Paris, j'avais été obligé de m'absenter.

J'ai pensé devoir signaler dans ce catalogue tous les dérangements de l'aiguille aimantée de Paris, afin que le lecteur pût décider lui-même si, comme l'a cru remarquer M. Farquharson d'Alford (Aberdeenshire), de tels dérangements ne se manifestent qu'à l'époque où, dans leur mouvement ascendant, les parties lumineuses de l'aurore atteignent le plan perpendiculaire au méridien magnétique, passant par l'aiguille d'inclinaison. Cette supposition, pour nos climats du moins, ne paraît pas soutenable. On doit se rappeler, en effet, que, presque toujours, l'aurore qui à son apparition le soir déviera la pointe nord de l'aiguille vers l'orient, a déjà produit le matin un dérangement en sens opposé ou vers l'occident ;

on notera de plus, et ceci tranche toute difficulté, que l'aurore agit à Paris (voyez le 19 avril, les 16 et 17 octobre, etc.), lors même qu'elle ne s'élève pas au-dessus de l'horizon.

Les aurores qui n'ont été visibles qu'en Amérique, qu'à Pétersbourg, qu'en Sibérie, malgré la distance immense qui nous sépare de ces régions, dérangent notablement l'aiguille aimantée de Paris. Ceci fait naître la question de savoir si les aurores de l'hémisphère sud produiront également quelque effet. Je croyais d'abord pouvoir répondre affirmativement, d'après diverses observations australes dont je suis redevable à M. Simonoff; mais j'ai malheureusement découvert ensuite que les jours où le navigateur russe voyait des aurores vers le pôle sud, le phénomène se montrait aussi au nord.

§ 13. — Année 1831.

Le 7 janvier on vit à Paris une grande aurore boréale.

Pendant toute la durée des observations faites dans la soirée du 7 janvier, l'aurore boréale a été très-apparente. A sept heures trente-trois minutes de temps vrai, il y avait deux arcs bien distincts. La limite inférieure de l'arc supérieur passait par la Lyre. Le point culminant pouvait être de 1 à 2° plus haut à sept heures quarante minutes. La jambe est de l'arc supérieur était entre le Panthéon et le Val-de-Grâce, la jambe ouest un tant soit peu au sud de l'ouest.

A sept heures cinquante-cinq minutes il s'élançait des

jets verticaux. A huit heures cinq minutes, on voyait des sillons et de larges espaces d'un rouge de sang très-intense. La lueur de l'aurore permettait de lire.

Il y a eu tantôt un arc et tantôt deux arcs concentriques. Dans l'un comme dans l'autre cas, les points culminants correspondaient à très-peu près au méridien magnétique. L'électromètre atmosphérique n'a donné aucune trace d'électricité pendant toute la durée du phénomène.

L'amplitude totale de la variation diurne de la déclinaison s'éleva à 1° 16′ 33″ ; celle de l'aiguille d'inclinaison à 20′.

L'arc s'est reformé régulier le 8 après minuit ; il s'éleva comme précédemment. Quoique le ciel fût couvert, il me sembla encore voir des traces d'un arc lumineux. L'aiguille continua à être dérangée jusqu'au 13.

Le 9 mars, une aurore boréale fut observée à Buchholz, près Francfort sur l'Oder. L'observateur, M. Pastorff, dit qu'elle commença le 7 à sept heures du soir, et qu'elle fut visible jusqu'à deux heures après minuit du 9 mars. Est-ce à dire qu'elle fut visible en plein jour deux jours de suite? La lumière était très-blanche et avait 30° d'amplitude de part et d'autre du méridien magnétique. La variation diurne de déclinaison fut de 33′ 22″.

Je signale les trois journées du 2, du 10 et du 12 avril, comme ayant présenté des variations dans les aiguilles de déclinaison et d'inclinaison qui peuvent me faire soupçonner des aurores boréales ; je n'en aperçus aucune trace sur le ciel de Paris.

Le 12 avril, je vis deux nuages très-obscurs, formant sur

le ciel étoilé deux arcs bien tranchés (l'inférieur surtout) dont les points culminants se trouvaient dans le méridien magnétique. Ces bandes étaient certainement des nuages, car je n'aperçus aucune étoile à travers.

Le 19, entre dix heures et demie et onze heures, on vit une aurore boréale à Berlin. Des rayons verticaux s'élançaient jusqu'au zénith; on apercevait une lueur rougeâtre à l'horizon nord. Le point culminant de la partie lumineuse était plus près du méridien vrai que dans l'aurore du 7 janvier; mais comme on ne dit pas si cette partie lumineuse avait la forme d'un arc, la remarque n'a pas, je crois, une grande importance. La variation fut à Paris de 25′ 53″.

Le 9 décembre, le ciel est couvert; il y a au nord, à l'horizon, une bande noire de nuages au-dessus de laquelle on aperçoit une lumière vive et variable qui ne peut évidemment émaner que d'une aurore boréale. L'aiguille est très-dérangée à Paris; elle est rapprochée le soir de plusieurs minutes vers l'orient.

Le 22 décembre, à huit heures du soir, je vois au nord, au travers des nuages, une clarté qui me semble un indice évident d'aurore boréale. L'aiguille est notablement dérangée.

§ 14. — Années 1832 à 1848.

Les observations magnétiques que j'ai faites à partir de 1832 ayant été souvent interrompues, par suite de diverses circonstances, je ne saurais attacher à la description des aurores boréales qui ont été constatées successi-

vement, la même importance que dans le catalogue précédent. Cependant je pense encore rendre service à la science en notant ici les principales aurores boréales venues à ma connaissance.

Voici une communication que je trouve dans une lettre de mon ami Alexandre de Humboldt : « Quoique les observations sur l'influence qu'exercent les aurores boréales, même dans les lieux où elles ne sont pas visibles, n'aient plus besoin de confirmation, tu apprendras cependant avec quelque intérêt le fait suivant, que M. Gauss a inséré dans le *Journal astronomique* de Schumacher, n° 276 : « Le 7 février 1835, les variations de direction dans l'aiguille magnétique horizontale de Gottingue, surpassèrent tout ce que M. Gauss avait vu jusque-là : elles s'élevèrent à six minutes en arc en une minute de temps. Eh bien, ce même 7 février, M. Feld, professeur de physique à Braunsberg (Prusse orientale), observait une belle aurore boréale qu'il a décrite dans le journal de Poggendorff. »

Une circonstance heureuse a permis, en novembre 1835, de vérifier une fois de plus l'action exercée sur l'aiguille aimantée par les aurores boréales. A cette époque, on comparait soigneusement les instruments confiés aux habiles officiers de la *Bonite* à ceux de l'Observatoire. Pendant qu'on se livrait à ces vérifications, le 17 et le 18 novembre, les aiguilles des variations diurnes, tant celle de l'Observatoire, établie dans la grande salle méridienne, que l'aiguille de l'expédition, placée à l'extrémité sud du jardin, éprouvèrent des mouvements brusques, irréguliers, très-considérables. Quoique le ciel

fût couvert, je n'hésitai pas, dès la matinée du 17, à conclure de ces affolements qu'une aurore boréale se montrerait. Le 18, les oscillations inusitées étaient devenues si fortes, qu'on se crut autorisé, malgré un ciel entièrement couvert, à chercher dans le nord des traces d'aurores. Des lueurs vives, changeantes, y furent aperçues, en effet : elles perçaient un rideau de nuages épais et continu.

Depuis que ces remarques diverses ont été consignées dans les registres de l'Observatoire, les journaux anglais ont annoncé que des aurores boréales se sont montrées dans plusieurs villes durant la nuit du 17 au 18 novembre, et pendant la nuit suivante. Ainsi, voilà un nouvel exemple, ajouté à tant d'autres, d'un dérangement de l'aiguille aimantée, évidemment engendré par ces lumières mystérieuses dont le foyer paraît être le pôle magnétique. Au surplus, en terminant une communication sur ce sujet faite à l'Académie des sciences, j'ai cité les perturbations du 17 et du 18 novembre, seulement parce qu'elles se sont présentées pendant des vérifications d'instruments dont l'Académie m'avait chargé, car je prétends avoir établi démonstrativement depuis plusieurs années, à l'aide d'un grand nombre d'observations, que les aurores boréales agissent sur les aiguilles aimantées de Paris, alors même qu'elles n'atteignent pas l'horizon de cette ville.

L'aurore boréale dont j'avais soupçonné l'existence dès la matinée du 18, et cela d'après les mouvements irréguliers de l'aiguille aimantée, a été observée à Nîmes, par M. Valz, entre huit et dix heures du soir. A neuf heures,

pendant le maximum d'intensité du phénomène, des rayons rouges s'élevaient jusqu'au zénith. On voyait à l'horizon un espace rayonnant assez vif. Il ne se forma point d'arc.

M. Masson, de Caen, MM. Gachot, lieutenant de vaisseau, et Vérusmor, de Cherbourg, M. Charié, ingénieur des ponts et chaussées, de Corbigny (Nièvre), etc., virent aussi l'aurore boréale le 18 novembre, entre huit heures et neuf heures du soir. Les rayons rougeâtres du phénomène ont occasionné de nombreuses méprises : presque partout les populations se sont mises en marche pour aller éteindre de prétendus incendies, dont, suivant elles, la lumière se reflétait dans l'air.

L'aurore a été vue à Cahors. C'est le point le plus méridional dont les observations me soient parvenues.

Dans la nuit du 17 au 18 novembre, l'aurore présenta à Londres, par un effet particulier de l'atmosphère, l'aspect d'un vaste incendie, au point que pendant toute la nuit douze pompes à incendie furent en mouvement presque continuel pour porter du secours à l'endroit d'où paraissait sortir cette flamme. On l'aperçut pour la première fois à onze heures du soir, et, après avoir brillé pendant quelque temps d'un vif éclat, elle disparut. A trois heures du matin, on aperçut de nouveau, à peu près dans la direction du nord, un jet de lumière très-brillant qui s'élevait à 30° au-dessus de l'horizon. Au bout de quelque temps, la lumière devint plus faible, et sa direction venait du nord-ouest au nord-nord-ouest, ce qui fit supposer que ce n'était pas un incendie. L'aurore boréale brilla encore toute la nuit, jusqu'à six heures du

matin, d'un éclat plus ou moins fort; le ciel fut serein pendant toute la nuit.

L'aurore boréale fut encore très-brillante dans la nuit du 18 au 19.

Le mauvais temps et un épais brouillard n'ont pas permis de voir le météore à Paris; mais dès dix heures du matin, il s'était annoncé, comme d'habitude, par une augmentation sensible de la déclinaison. Le soir, au contraire, de huit heures trois quarts à neuf heures, la pointe nord de l'aiguille était beaucoup plus rapprochée du méridien terrestre qu'à pareille époque les jours précédents. A sept heures (cette circonstance est très-digne d'attention), la perturbation était positive : elle augmentait notablement la déclinaison.

C'est vers onze heures quarante minutes du soir qu'on aperçut, même à travers les nuages, une vive lueur changeante. L'amplitude totale de la variation diurne de déclinaison observée s'éleva à 50′ 12″.

Une aurore boréale a été signalée le 22 avril 1836, par 46° 25′ latitude et 44° longitude ouest, par M. A. Duhamel, juge aux îles Saint-Pierre et Miquelon. Ce qui la rendait remarquable, c'était l'intensité de la lumière, dont l'éclat, dit l'observateur, était tel qu'il effaçait celui de la lune, alors en son plein.

L'année 1836 paraît avoir montré le phénomène des aurores boréales avec une grande fréquence et en même temps avec toutes les variétés de formes, d'éclat, d'évolutions. C'est ce qu'a écrit à M. Biot M. Thomas Edmonston, qui observait à Shetland. Parmi toutes les aurores constatées, celle du 18 octobre est celle qui a été le mieux

vue dans notre continent. M. Matteucci l'a observée à Forli (États-Romains); voici ce que rapporte ce physicien :

« Il était neuf heures du soir, lorsqu'une lumière légèrement rougeâtre se montra dans la région du nord. Elle embrassait une étendue de 70 à 80°, et s'élevait de 25 à 30°; sa forme était circulaire, dans ses parties les moins hautes; sa distance à l'horizon pouvait être de 7 à 8°. Vingt-trois minutes après sa première apparition, la lumière prit une teinte pourpre vive. Une ligne centrale plus foncée qu'on y remarquait, marcha vers l'ouest. Le phénomène disparut par un affaiblissement graduel. »

Cette aurore a été vue simultanément, d'après M. Bonafous, à Turin et à Chambéry, à neuf heures et demie du soir, dans la direction de l'est à l'ouest.

M. Wartmann, de Genève, a fait la description suivante du phénomène tel qu'il l'a observé :

« A huit heures trente-une minutes du soir, instant où commença le phénomène, le ciel était toujours serein, l'air parfaitement calme, et la lune, dans le septième jour de sa phase, luisait vers le sud. Deux nuages rougeâtres se montrèrent d'abord au nord-ouest, à environ 25 à 30° d'élévation au-dessus de l'horizon; ils se rapprochèrent peu à peu jusqu'au contact, et en quelques minutes, touchant le sol, ils offrirent l'image d'un vaste incendie lointain; bientôt après, ils prirent la forme d'un segment dont la corde s'appuyait sur l'horizon, et avait au moins 50° d'étendue; ce segment, remarquable par une teinte rouge obscur fortement prononcée, surtout vers le milieu, semblait formé de molécules ondulantes. Trois stries ou faisceaux lumineux très-distincts, de couleur blanche,

partaient du centre de l'arc et rayonnaient dans une direction verticale; ils s'épanouissaient un peu vers le haut, et s'élevaient de plusieurs degrés au-dessus du segment, mais sans parvenir jusqu'au zénith. Il y avait encore d'autres jets lumineux, d'un blanc pâle, peu distincts, qu'on voyait confusément rayonner vers le limbe. A huit heures quarante-cinq minutes, l'aurore était très-brillante et se trouvait dans la direction du méridien magnétique; le segment avait alors à très-peu près 24 à 25° de hauteur : il atteignait et enveloppait les étoiles β, δ, ε, ζ, η de la Grande-Ourse, situées près du point culminant de sa bordure; l'étoile α de la même constellation était presque en dehors, tandis que γ, la plus basse des sept étoiles, plongeait assez avant.

« Le météore n'est point resté stationnaire dans cette position; d'abord, il s'est avancé lentement et tout d'une pièce, du nord-ouest au nord, et jusqu'à 5° au nord-est, en parcourant un arc horizontal d'environ 30° et en traversant, par son extrémité supérieure, toutes les étoiles de la Grande-Ourse; puis, à huit heures cinquante-six minutes, revenant en arrière et présentant une couleur pâle d'un pourpre orangé, le segment s'est transformé en une espèce de fuseau allongé, dont la partie inférieure touchait à l'horizon, tandis que le segment atteignait les étoiles de la queue de la Petite-Ourse. Cette colonne verticale, haute de 47°, a continué de cheminer vers le nord-ouest, en répandant une lueur d'un rouge sombre, qui s'affaiblissait graduellement. A neuf heures, à peine était-elle encore visible, et à neuf heures cinq minutes, on n'apercevait plus dans l'atmosphère qu'une lueur confuse

qui, peu d'instants après, s'est complétement dissipée. »

M. Wartmann a reçu de M. Struve les observations de cette même aurore boréale du 18 octobre 1836. Il en résulte qu'au moment où, à Genève, on trouvait 25° pour la hauteur angulaire du point culminant de l'arc lumineux, cette hauteur, en Livonie, était de 90°. De là, par la méthode des parallaxes, M. Wartmann déduit cette conséquence que la matière de l'arc était à deux cents lieues de hauteur au-dessus de la terre.

Le 18 février 1837, une aurore a été observée à Meaux (Seine-et-Marne), par M. Darlu. Ce phénomène a paru principalement remarquable par la couleur très-rouge de sa lumière. Il a, comme d'habitude, troublé notablement l'aiguille aimantée, mais sans que rien ait établi si le sens des perturbations avait quelque liaison avec la position des points où la lumière était à son maximum. M. Darlu parle d'un arc qui, à huit heures quarante-cinq minutes, occupait la région australe du ciel. A Paris, on n'a pas aperçu d'arc méridional. Les lueurs que l'aurore a jetées au sud ne formaient pas une zone continue, elles se montraient dans des places isolées :

La même aurore a été vue dans les différentes villes suivantes :

	Observateurs.
Atonne, près de Meaux........	MM. Darlu.
Luzarches....................	Hahn.
Beauvais.....................	Zoéga.
Versailles...................	Gaudin.
Sarreguemines................	Lhomme. Legoullon. Collignon. Barhaise.
Morlaix......................	Pitot de Helles.

	Observateurs.
Besançon	MM. Virlet.
Montpellier	Auguste Saint-Hilaire. Bérard.
Marseille	Valz.

Mon ami Alexandre de Humboldt m'a transmis un tableau des perturbations que l'aiguille des variations diurnes aéprouvées à Gottingue, pendant l'apparition de cette aurore :

A 8h 2m 30s, la déclinaison surpassait sa valeur habituelle de 39'.
De 9h 36m à 9h 37m, on observa un changement de déclinaison de 11' 31".

M. Morren, professeur de physique au collége royal d'Angers, a aperçu une aurore boréale le 6 avril 1837. Vers huit heures du soir, l'aurore se composait d'une lueur fauve, perpendiculaire à l'horizon et dirigée vers α de Céphée. A huit heures vingt-six minutes, un nouvel arc plus grand et plus lumineux que le premier se forma un peu plus à l'ouest : il couvrait α et γ de Cassiopée. Ce dernier arc était intermittent : en quelques secondes, il perdait et reprenait son éclat. A neuf heures, tout avait disparu.

A Paris, le ciel était couvert pendant l'observation de M. Morren, mais l'aiguille aimantée des variations diurnes présenta de fortes perturbations.

M. Mandl a vu à Paris, le 18 octobre 1837, de six heures cinq minutes à six heures et demie du soir, une aurore boréale très-rouge. Le ciel était alors entièrement couvert. Cette dernière circonstance aurait pu faire douter que les bandes rouges observées par M. Mandl provinssent d'une aurore boréale, si *le Fédéral* et *le Cour-*

rier de l'Ain n'eussent annoncé qu'au même moment, et dans les régions où le ciel était sans nuages, une aurore boréale se voyait à Genève et à Bourg; si, de plus, comme dernière confirmation, l'aiguille aimantée de l'Observatoire n'eût offert dans sa marche des anomalies sensibles pendant la soirée du 18 octobre dernier.

Cette aurore a été vue à Stockholm.

A l'occasion de cette aurore, M. Capocci a dit que les nuages empruntent souvent à des aurores polaires des teintes auxquelles on n'a pas fait assez d'attention. M. Capocci imagine encore que la lumière rougeâtre dont la surface de la lune brille quelquefois pendant les éclipses totales de cet astre doit être attribuée à des aurores polaires terrestres.

Quelques remarques photométriques deviendraient, je crois, des difficultés insurmontables contre l'hypothèse de M. Capocci. Les météorologistes ne méritent pas, au surplus, le reproche que le savant astronome de Naples semble leur adresser : les effets des aurores boréales sur les nuages sont depuis longtemps l'objet de leurs observations assidues.

Dans la nuit du 12 au 13 novembre, une brillante aurore boréale rougeâtre a été vue à Paris par M. de La Pilaye, à Angers par M. Morren, à Antony par M. Faure, à Vendôme par M. Yvon, à Jambles près Givry (Saône-et-Loire) par M. Nervaux, entre Gênes et Livourne par M. Chassinat, à Montpellier par M. le capitaine Bérard. Quand l'arc se forma, sa partie supérieure, à peine distincte, parut être à 20 ou 25° de hauteur. M. Bérard jugea que cette partie culminante était dans le méridien

terrestre et non dans le méridien magnétique. C'est une anomalie sur laquelle on aurait besoin de plus amples renseignements.

Le 23 septembre, une aurore a été observée à Hambourg par M. Robert.

Pour l'année 1838, je n'ai pas reçu de communication d'observations d'aurores boréales; elles paraissent avoir été fréquentes, au contraire, en 1839.

M. Quetelet m'a écrit qu'une aurore boréale a été observée à Bruxelles, le 5 mai 1839, vers les onze heures et demie du soir, par M. Mailly, son adjoint.

La lumière du phénomène se faisait surtout remarquer dans la direction du méridien magnétique; elle occupait environ la huitième partie du ciel dans le sens de l'horizon : les jets lumineux s'élevaient par intervalles à plus de 50° de hauteur.

M. Lalanne, ingénieur des ponts et chaussées, m'a annoncé, dans une lettre datée de Saint-Brice près Écouen, qu'il a vu une aurore boréale le 7 mai, vers neuf heures et demie. M. Lalanne signale, parmi les circonstances qui l'ont le plus frappé, des gerbes éclatantes de couleur rouge, jaune, bleue, et qui s'élevaient jusqu'à 25° ou 30° au-dessus de l'horizon.

D'après une lettre de M. Herrick, de New-Haven (Connecticut), l'aurore boréale a été observée vingt-deux fois dans cette ville, entre le 1er janvier et le 3 septembre 1839. L'aurore du 3 septembre se montra avec une grande magnificence. Le centre de la couronne était à 74° de hauteur angulaire au-dessus de l'horizon sud ; il correspondait donc à peu près au point du ciel où

l'aiguille d'inclinaison aboutit à New-Haven. L'aiguille aimantée d'une boussole horizontale fut troublée, pendant toute la durée du phénomène, au point de marquer quelquefois une déclinaison différente de 3° de la déclinaison moyenne. Toutes les perturbations s'opérèrent en ce sens, que la pointe nord de l'aiguille était constamment à l'est de sa position habituelle.

D'après M. Herrick, l'aurore du 3 septembre a été vue aussi à la Nouvelle-Orléans.

Les astronomes de l'Observatoire et M. Fravient ont vu cette aurore à Paris vers dix heures du soir. M. Quetelet m'a écrit qu'il l'a aperçue à Asti (Piémont) vers une heure du matin. A Alexandrie on a commencé à l'observer à dix heures du soir, et elle dura toute la nuit.

Une remarquable aurore m'a été signalée pour le 22 octobre par M. Darlu de Meaux, M. Chaperon de Strasbourg, M. Coquand, directeur du musée d'histoire naturelle d'Aix (Bouches-du-Rhône), M. Valz, directeur de l'observatoire de Marseille, M. Mamiani della Rovere de Pesaro, M. Mateucci de Rome, enfin M. de La Pilaye. Ce dernier se croit autorisé à tirer, des différences d'aspect, de hauteur et d'orientation que présentent les observations venues de divers lieux, la conséquence que le phénomène s'est porté dans notre atmosphère à une assez petite hauteur.

La lumière de l'aurore a été partout rouge, très-vive, distribuée généralement par groupes sans connexions apparentes. Au moment où, à Marseille, elle prit la forme d'un arc régulier, le point culminant de cet arc était dans le méridien magnétique. A Paris, mon savant confrère

Savary reconnut que les plans dans lesquels étaient contenus les jets d'un blanc verdâtre qui, de temps à autre, venaient traverser les zones rouges, passaient tous par le point du ciel qu'aurait percé l'aiguille magnétique d'inclinaison. L'aiguille horizontale des variations diurnes de l'Observatoire fut dans un mouvement d'oscillation continuel et très-irrégulier, pendant toute la durée du phénomène.

Voici un passage de la lettre de M. Valz :

« Vers le pôle se trouvait un léger nuage blanc, éclairé de la pleine lune. La teinte rouge l'ayant atteint, le fit participer à sa propre couleur, de façon à donner lieu à penser que le foyer colorant se trouvait entre le nuage et l'observateur, par conséquent peu éloigné de ce dernier. On pourrait bien objecter que les rayons colorés, en traversant le nuage, lui communiquaient leur teinte ; mais j'ai remarqué que le nuage interceptait la vue des étoiles, ce que ne faisait pas l'aurore boréale, et qu'ainsi l'explication précédente ne saurait être admise. »

Si nous avons rapporté ces quelques lignes de la lettre de M. Valz, c'est parce qu'elles signalent aux astronomes un genre particulier d'observations sur lequel ils n'ont peut-être pas dirigé leur attention avec assez de soin. La question si importante de la distance des foyers lumineux de l'aurore, ne saurait d'ailleurs être résolue par une observation isolée et reposant sur l'hypothèse que la surface inférieure du nuage était horizontale.

M. Necker de Saussure a observé les aurores boréales en Écosse, à la fin de 1839 et au commencement de 1840 ; il m'a adressé à ce sujet une communication intéressante, d'où j'extrais les détails suivants :

« Les aurores boréales sont incomparablement plus grandes, plus belles et plus compliquées à Sky que près d'Edinburgh. Là elles atteignent rarement le zénith ; à Sky, au contraire, elles le dépassent presque constamment, et occupent la plus grande partie du ciel.

« Celle du 3 septembre 1839 fut exclusivement confinée à la région méridionale du ciel : c'est la seule de ce genre que j'aie vue.

« Il est fréquemment arrivé, tant à Edinburgh qu'à Sky, qu'il y a eu de belles et grandes aurores boréales deux soirs consécutifs.

« Trois fois j'ai vu les aurores boréales commencer avant la nuit, et leurs fuseaux de lumière vive et blanche se projeter sur la couleur jaune et orangée qui régnait encore au couchant. C'est, à Sky, les 4 septembre et 28 octobre 1839, et le 4 janvier 1840.

« Je n'ai jamais pu parvenir à entendre aucun bruit particulier, même pendant les aurores boréales les plus grandes et les plus vives, à Sky, où régnait le plus grand calme et le plus profond silence. Cependant j'ai recueilli, dans les îles Shetland, de nombreux témoignages à cet égard, d'autant plus remarquables qu'ils étaient entièrement spontanés et nullement influencés par aucune question préalable de ma part.

« Des personnes de diverses conditions et états, et habitant des districts très-éloignés dans ces îles, ont été unanimes à dire que, lorsque l'aurore boréale est forte, elle est accompagnée d'un bruit qu'ils ont tous également et unanimement comparé à celui d'un van lorsqu'on vanne le blé.

« Une des personnes chargées par le *Northern Light-Houses Company* d'Edinburgh, au phare de Sumburgh-Head (à l'extrémité méridionale de Shetland), des observations météorologiques, et qui a, par conséquent, l'habitude d'observer correctement, m'a dit d'elle-même et sans y être provoquée, que ce bruit s'entendait toujours distinctement, et a même ajouté qu'elle l'avait entendu de l'intérieur d'une des chambres du phare dont les volets étaient fermés, et avait annoncé, d'après cela, qu'il devait y avoir une aurore boréale, ce qui s'était confirmé.

« Plusieurs fois les aurores boréales ont été accompagnées de gelée blanche, et le plus grand nombre d'entre elles ont été suivies par de grandes chutes de neige ou de pluie et par des coups de vent violents et des tempêtes. Ainsi, sous ce dernier rapport, mes observations tendent plutôt à confirmer l'opinion généralement admise en Écosse, que les aurores boréales sont des avant-coureurs de mauvais temps ou de vents très-forts.

« J'avais entendu dire à M. G.-D. Forbes que les étoiles fixes, même les plus grandes, ne scintillent jamais près d'Edinburgh, si ce n'est lorsqu'il y avait une aurore boréale. Mes propres observations ont, en général, confirmé cette remarque. Il est vrai que les étoiles fixes ne scintillent pas dans ces parages, ou du moins ce n'a été que rarement que j'ai vu, à celles de première grandeur, une légère scintillation.

« A Sky, au contraire, toutes les étoiles fixes brillent et scintillent aussi vivement que dans les plus belles soirées de la France ou de la Suisse. Il en est de même dans le reste des Hébrides, dans les Orcades, les Shetland,

sur toute la côte occidentale du nord de l'Écosse et dans toute la haute région des Highlands. Or, il est à remarquer que, dans toutes ces contrées, il n'y a pas de grandes villes, à peine des bourgs ou de grands villages, point de fabriques ou manufactures d'une grande étendue qui brûlent de la houille; la population très-clair-semée de ces régions solitaires n'emploie aucun combustible que de la tourbe ou du bois dont la fumée très-légère se dissipe tout de suite et n'obscurcit pas l'atmosphère. Aussi, là, le ciel est-il aussi pur que dans toute l'Europe continentale. Mais, au contraire, dans toute la basse Écosse et sur la côte orientale et nord-est de ce pays, où les villes, les grands villages, les manufactures abondent et où partout la houille est le combustible habituel, non-seulement les villes et leurs environs immédiats ont leur atmosphère obscurcie par une épaisse fumée que le vent chasse d'un côté ou de l'autre, mais jusque dans les campagnes les plus éloignées des villes on peut apercevoir que l'air est encore très-brumeux dans toute saison, à cause de cette fumée de houille. Il en est ainsi dans toute l'Angleterre, et même, ayant assez souvent navigué sur la partie de la mer d'Allemagne qui baigne les côtes orientales des îles Britanniques, j'ai toujours été frappé du peu de clarté de l'air, de son aspect brumeux dans ces parages. Rien ne m'a plus clairement démontré que ce fait tenait à la fumée de la houille que de voir, depuis l'île d'Arran et surtout depuis les cimes de ses montagnes, pendant les plus beaux mois du printemps et du commencement de l'été 1839, pendant que Arran lui-même jouissait de l'air et du ciel le plus pur; de voir, dis-je, les côtes opposées

des comtés d'Ayr et de Renfrew, constamment surmontées par une bande de brumes épaisses semblable à un long nuage gris s'élevant de 1° à 1° 1/2 sur l'horizon. »

D'après M. Cagigal, une aurore boréale a été observée à Caracas le 23 mai 1840. M. Cagigal fait remarquer que, quoiqu'on ait quelques rares exemples de l'observation de ce phénomène à Cuba et à Saint-Domingue, il ne croit pas qu'on en connaisse par une latitude aussi basse que celle de Caracas.

M. Wartmann m'a écrit de Genève que l'aurore boréale périodique du 18 octobre s'est encore montrée le 18 octobre 1841 d'une manière évidente.

A Paris, MM. Laugier et Goujon aperçurent une aurore boréale bien caractérisée, le 12 novembre 1841, vers onze heures et demie.

Une aurore boréale s'est montrée en France et en Belgique, dans la nuit du 6 au 7 mai 1843. Quoiqu'elle n'ait rien présenté d'inusité, nous allons extraire des relations parvenues à l'Académie les détails qui, comparés aux relations des pays éloignés, conduiront peut-être à des conclusions utiles. Voici ce que m'écrit M. Quetelet :

« Pendant toute la journée du 6, le magnétomètre avait une marche très-régulière, et rien ne pouvait faire soupçonner le phénomène qui devait signaler la soirée. Après dix heures, M. Beaulieu, l'aide de garde, vint m'annoncer, avant de se retirer, que le barreau magnétique déviait très-sensiblement ; il était, en effet, dans une agitation extraordinaire. Je voulus m'assurer aussitôt si ce dérangement ne coïncidait pas avec quelque phénomène météorologique, et je remarquai que l'horizon, vers le

nord, était vivement éclairé; mais la lumière de la lune ne me permettait pas de me prononcer encore sur l'existence d'une aurore boréale.

« Pendant que je continuais mes observations au magnétomètre, dont la marche irrégulière se soutenait, on vint me dire que quelque chose d'extraordinaire se montrait dans le ciel et vers le sud (onze heures douze minutes, t. m.). Au milieu d'un ciel parfaitement serein, on voyait une espèce de nuage blanchâtre, de forme elliptique, dans le méridien, et à la hauteur de 60 degrés environ. Le nuage variait à chaque instant d'éclat et de grandeur; ses variations brusques avaient quelque chose de fatigant pour l'œil, et passaient alternativement de la faible lueur de la voie lactée à l'éclat d'un nuage blanc qui effaçait, à peu près, la lumière des étoiles les plus brillantes placées dans sa direction, mais dont les formes n'étaient pas arrêtées. Je crus voir dans ce phénomène l'espèce de nuage lumineux qui accompagne généralement les aurores boréales très-intenses; et, effectivement, le nord était alors très-vivement éclairé, et des jets lumineux se projetaient à une hauteur assez grande dans le méridien magnétique.

« Comme j'étais seul pour observer la marche du phénomène, tout en suivant les indications des instruments magnétiques qui continuaient à dévier de plus en plus, il m'a été impossible d'en saisir toutes les circonstances. Vers onze heures vingt-quatre minutes, la lueur qui s'était montrée au sud et dans le méridien avait entièrement disparu; et, vers le nord, le ciel ne tarda pas à rentrer également dans son état ordinaire. »

Cette aurore a été vue à Paris de dix heures quarante-cinq minutes à onze heures quinze minutes; sa lumière était assez intense pour le disputer à l'éclat de la lune, qui n'était pas encore descendue sous l'horizon. On aperçut deux arcs blanchâtres à travers lesquels les étoiles étaient visibles. A Reims, on vit des rayons de diverses couleurs. Aux environs de Dieppe, M. Nell de Bréauté, correspondant de l'Académie, a vu au nord, sur les bandes verticales, une très-légère teinte de couleur orangée.

Le 8 décembre, M. Colla, à Parme, a vu une belle aurore de couleur rougeâtre, dont l'élévation, dans la partie la plus convexe, pouvait être de 6 à 7 degrés. De là s'éleva une colonne lumineuse, de couleur jaunâtre, à peu près dans la direction du méridien. Des taches blanches et globuleuses furent, en outre, aperçues vers le midi. Le phénomène a été accompagné d'une forte perturbation magnétique de plus de 18′.

Le 29 décembre, à huit heures du soir, une aurore boréale de peu de durée a été aperçue par M. Coulvier-Gravier.

Nous arrivons maintenant à 1847.

Une brillante aurore boréale s'est montrée dans la nuit du 24 au 25 octobre. Elle a été observée dans le nord de l'Allemagne, à Paris, dans le département de l'Indre, à Bourges; à Parme, en Italie; à Cadix, en Espagne; à Mount-Eagle, en Irlande. Ses aspects ont été très-changeants.

A Leipzig, on a vu les rayons très-prolongés former, par leur entre-croisement, ce qu'on est convenu de nommer la *coupole*.

A Paris, M. Faye a remarqué un rideau blanchâtre, semblable aux tableaux de l'expédition du Nord, et un peu au-dessus du rideau, un large nuage grisâtre qui s'éleva peu à peu, en changeant continuellement de forme.

M. Faye, les observateurs de Leipzig, etc., rapportent qu'il s'élevait de l'horizon des jets lumineux d'*une couleur vert pomme très-caractérisée;* mais comme ces rayons étaient renfermés entre deux bordures d'un rose très-vif, on peut supposer que le vert était un effet de contraste.

M. Faye vit avec étonnement tomber une pluie rare, le zénith étant seulement voilé.

M. Goujon s'assura à l'Observatoire que l'aurore avait fortement dévié l'aiguille horizontale des variations diurnes. M. Colla a observé le même effet à Parme.

M. Démidoff, à Cadix, a remarqué que les nuages lumineux restèrent toujours séparés de l'horizon par une zone d'une sérénité complète, et dans laquelle on ne vit jamais aucune lueur, pas plus que dans les autres points du firmament; il y a lieu de noter aussi la permanence et l'immobilité de ces mêmes nuages lorsqu'ils eurent cessé de luire.

M. Cooper, à Mount-Eagle (Irlande) a vu quelques beaux rayons roses; ils étaient plus pâles en remontant vers le nord, et sans couleur aucune à l'est et à l'ouest du nord. Le phénomène avait une grande étendue, et le point de convergence des rayons n'était point, en cette occasion, dans le méridien magnétique.

M. Coulvier-Gravier a aperçu une aurore boréale, le 1er novembre, entre neuf et onze heures.

Le 17 décembre, à sept heures trente-cinq minutes du soir, la lune répandant une vive clarté, M. Rigault et plusieurs autres personnes ont vu, à la Ferté-sous-Jouarre, une aurore boréale. Elle consistait en quatre taches d'un rouge vif entre la grande Ourse et le Cygne, passant par la polaire.

Notre savant confrère, M. de Gasparin, rapporte en ces termes l'observation qu'il a faite de cette même aurore : « Je passais, dit-il, à Saint-Symphorien-en-Laye (Loire); un vaste nuage, d'une couleur cramoisi intense, couvrait le ciel au zénith, et aurait pu faire croire à un incendie, si, dominant le pays des hauteurs de la montagne de Tarare, d'où je descendais, je n'avais constaté qu'il n'y en avait aucun. Ce nuage avait absolument l'apparence de ceux qui se trouvent au levant, un peu avant le lever du soleil.

« Comme on signale l'apparition d'une aurore boréale à Blangy (Seine-Inférieure), le même jour et à la même heure, il y a apparence que la coloration de ce nuage était due à la réflexion de la lumière de ce météore. »

Cette aurore a encore été observée : à Cirey, par M. Chevandier; à Bourges, par M. Levasseur; à Toulouse, par M. Petit; à Florence, par M. Démidoff.

Une lettre de M. Littrow a appris que, le 18 octobre 1848, on a vu à Kremsmünster une aurole boréale pendant laquelle la déclinaison de l'aiguille a considérablement diminué.

Une belle aurore boréale a été vue le 17 novembre à Cirey, au Havre, à Grenoble, à Montpellier, à Bordeaux, à Parme, à Venise, à Florence, à Pise, à Madrid.

Les particularités suivantes ont été remarquées à Montpellier :

« C'est à neuf heures du soir que le phénomène atteignit sa plus belle phase. Au nord, à l'horizon, une bande lumineuse occupait encore 50 degrés, déclinant un peu vers le couchant, et ressemblant à la première aube du matin. Au-dessous, quelques nuages, tranchaient, par leur noirceur, avec la clarté du ciel. Au-dessus des nuages, une lumière rouge, fort vive par moments, s'élevait à 50 degrés environ, sur une étendue de 90 degrés. L'éclat de la bande lumineuse a augmenté jusqu'à neuf heures et demie; elle effaçait alors la Grande-Ourse; entre la Polaire, la Lyre et le Cocher, aucune étoile n'était visible. Le nuage rouge, au milieu duquel brillait l'étoile Wéga, éclatante de blancheur, paraissait se déplacer et subir des changements d'intensité.

« Mais ce qu'il y a de plus remarquable dans le phénomène, ce sont les rayons ou jets de lumière qui s'élevaient, à certains moments, dans une direction à peu près verticale, s'évanouissant quelques minutes après, pour reparaître sur d'autres points, et qui conservaient pendant leur apparition une parfaite immobilité. Ces rayons, sensiblement parallèles au méridien magnétique, atteignaient jusqu'au zénith. Les uns étaient d'un rouge vif et contrastaient avec la teinte blanche des autres.

« A dix heures, les jets de lumière se succédaient toujours, à de courts intervalles; mais, au lieu de s'élever parallèlement, ils paraissaient diverger d'un point placé au-dessous de l'horizon. La clarté blanche avait diminué d'intensité; les nuages rouges s'étaient étendus vers le

couchant et embrassaient alors un intervalle de 150 degrés à l'ouest. L'étoile de l'Aigle brillait à travers la lueur rouge qui, au levant, atteignait presque la constellation du cocher.

« Pendant ce temps, l'aiguille aimantée a été observée avec soin, et nous avons constaté un écart vers l'est de plus de 1 degré. L'aiguille ne présentait pas des secousses brusques, mais des variations lentes et irrégulières. L'aurore boréale a persisté jusqu'au crépuscule du matin, qui en a fait disparaître les dernières traces. »

Les faits observés à Pise ont une grande importance. Aussi placerai-je ici la totalité de la lettre que m'a écrite M. Matteucci :

« ..... Permettez-moi de vous donner la description d'une très-belle aurore boréale qui s'est montrée le 17 au soir, avec des circonstances assez singulières.

« Le ciel était pur et les étoiles brillaient d'une vive lumière ; depuis quelques jours, la température de l'air était froide plus qu'à l'ordinaire dans cette saison. Je venais de parcourir la ville pour aller au bureau du télégraphe électrique, qui est placé à la station du chemin de fer. Le long du chemin, j'avais vu trois étoiles filantes très-brillantes parcourir le ciel dans différentes directions : du côté du nord, une couche de nuages légers était appuyée sur l'horizon, au-dessus duquel elle s'élevait de 15 à 20°, et toujours en diminuant de densité. Vers neuf heures trente minutes, nous avons été surpris, au bureau du télégraphe, par la suspension soudaine de la marche des machines, qui avaient toujours très-bien fonctionné pendant toute la journée ; cela arrivait

en même temps aux machines de la station de Florence. Nous essayâmes de les faire aller soit en augmentant la force du courant, soit en agissant sur les machines et sur les manipulataires : tout fut inutile. De temps en temps, l'aiguille marchait par saccades, puis elle s'arrêtait brusquement, l'ancre restant attachée aux électro-aimants. Ces phénomènes étaient exactement semblables à ceux qui se produisent toutes les fois qu'il y a un orage.

« A neuf heures cinquante-cinq minutes, je sortis du bureau pour observer le ciel, qui était toujours clair, et je fus frappé d'une lumière rougeâtre qu'on voyait du côté du nord, au-dessus des nuages. Je demandai tout de suite à la sentinelle depuis combien de temps cette lumière avait apparu, et j'appris qu'on avait commencé de la voir depuis quinze minutes. Je courus vite chez moi, afin de mieux observer le phénomène sur la terrasse du cabinet, qui est élevée de 40 mètres à peu près. La lumière a toujours augmenté d'intensité et d'étendue jusqu'à dix heures trente minutes; à cette heure, elle était d'une couleur rouge sang très-intense. On ne voyait pas la disposition en arc qui, suivant le plus grand nombre des observations, se rencontre dans l'aurore boréale. Au lieu de cela, c'étaient de grands nuages d'un rouge plus ou moins vif, tantôt séparés, tantôt réunis, qui se répandaient du nord vers l'est, et qui s'élevaient quelquefois jusqu'au zénith. J'ai vu deux fois un long jet de lumière d'une couleur jaune citrine s'élever à travers le nuage rouge jusqu'à sa sortie de ce nuage, ayant son sommet dans la direction du méridien magnétique. Ce jet de lumière, pendant les deux ou trois minutes de sa durée,

avait l'apparence d'un mouvement d'allongement et de raccourcissement successif. Les étoiles seules de première grandeur étaient visibles à travers cette lumière rouge de l'aurore boréale. Une étoile filante très-brillante a traversé cette lumière dans la direction du nord à l'est, presque parallèlement à l'horizon. Peu à peu la lumière rouge est allée en diminuant d'intensité et en se répandant vers l'est, et à dix heures cinquante minutes, elle avait complétement disparu.

« Le ciel était, vers minuit, couvert d'un léger brouillard. Pendant le phénomène, la pression barométrique était 766^{mm}, 35; le thermomètre marquait + 4°.8 centigrades; l'hygromètre de Saussure marquait 89°; le vent de sud-est soufflait légèrement.

« L'aurore boréale était déjà commencée lorsque j'ai élevé sur la terrasse l'électromètre atmosphérique à flamme. Pendant plusieurs minutes, j'ai obtenu des signes très-forts d'électricité positive; la feuille ne faisait que toucher la colonne négative, se détacher pour la retoucher de nouveau, et ainsi de suite. Après minuit, les signes d'électricité étaient à peine sensibles; les machines électro-magnétiques, qui étaient restées jusqu'à minuit sans fonctionner, ont repris leur marche ordinaire, sans qu'il ait été fait le moindre changement ni dans les piles, ni dans les machines mêmes. »

M. Colla, de Parme, rapporte que le plus grand éclat a eu lieu entre dix heures et dix heures trente minutes. En certains instants, l'aurore atteignit en hauteur presque jusqu'au zénith : elle occupait horizontalement plus de 150°.

« Le barreau aimanté, dit-il, me l'avait prédite quelques heures avant par ses variations extraordinaires; la déclinaison a quelquefois diminué de près d'un degré; vers minuit, la diminution a été encore plus forte. Pendant le maximum de l'aurore, l'aiguille était en mouvement continuel. Le lendemain, la perturbation magnétique s'est renouvelée. »

M. Highton, ingénieur télégraphique du *London and North-Western Railway*, a signalé, à propos de cette aurore, une action très-vive exercée sur le télégraphe électrique.

« Un télégraphe, dit-il, passant à travers le Watford Tunnel (un tunnel de 1,600 mètres de long), et dont les fils se prolongent en dehors jusqu'à 400 mètres d'un côté, et jusqu'à 800 mètres de l'autre, a été hors de service pendant trois heures. L'aimant a constamment été rejeté du même côté. Une telle action de l'aurore boréale est ordinaire. Elle s'est quelquefois manifestée pendant le jour, quand l'aurore n'était pas visible, et dans un cas, j'ai pu suivre son action à partir de Northampton, à travers Shapstone, Peterborough, sur la route du télégraphe de l'Est jusqu'à Londres. »

CHAPITRE XVII.

CONCLUSION.

Il s'écoule quelquefois une longue suite d'années sans qu'on aperçoive des aurores boréales soit dans les régions tempérées, soit, toute proportion gardée, dans les pays les plus voisins du pôle. La vraie cause de ces vicissi-

tudes est entièrement ignorée; mais n'est-ce pas une raison de plus pour noter avec soin toutes les circonstances relatives aux apparitions d'un aussi singulier phénomène? Les journaux scientifiques, dans lesquels, pour chaque pays, on annonce l'apparition des aurores boréales, n'étant pas à la portée du plus grand nombre des physiciens, j'ai cru faire une chose utile à la science en publiant des tableaux que d'abord je dressais seulement pour mon usage particulier.

Le travail auquel je me suis livré dans cette Notice ne pourra plus laisser de doute, je pense, sur la connexion intime des aurores boréales et du magnétisme, et ce magnifique phénomène lumineux est ainsi rattaché à l'électricité. On vient de voir que l'action que j'avais annoncée, dès 1819, être exercée par les aurores visibles ou invisibles sur l'aiguille aimantée, se fait sentir sur les télégraphes électriques. Ma découverte ne saurait donc plus être contestée aujourd'hui. Je dois ajouter cependant que, dès 1827, j'avais constaté par la comparaison des mouvements des aiguilles aimantées de Kasan, Saint-Pétersbourg, Berlin, Freiberg et Paris, qu'il y a simultanéité d'action d'une aurore boréale sur tout le magnétisme terrestre. Selon la belle expression de mon ami Alexandre de Humboldt, les orages magnétiques se font connaître par les perturbations de l'aiguille aimantée, lors même qu'on n'en voit aucune trace sur la voûte du ciel.

FIN DU TOME PREMIER DES NOTICES SCIENTIFIQUES.

TABLE

DU TOME QUATRIÈME.

TOME PREMIER DES NOTICES SCIENTIFIQUES.

LE TONNERRE

ÉLECTRO-MAGNÉTISME

ÉLECTRICITÉ ANIMALE



MAGNÉTISME TERRESTRE

AURORES BORÉALES



FIN DE LA TABLE DU TOME QUATRIÈME.

TOME PREMIER DES NOTICES SCIENTIFIQUES.

